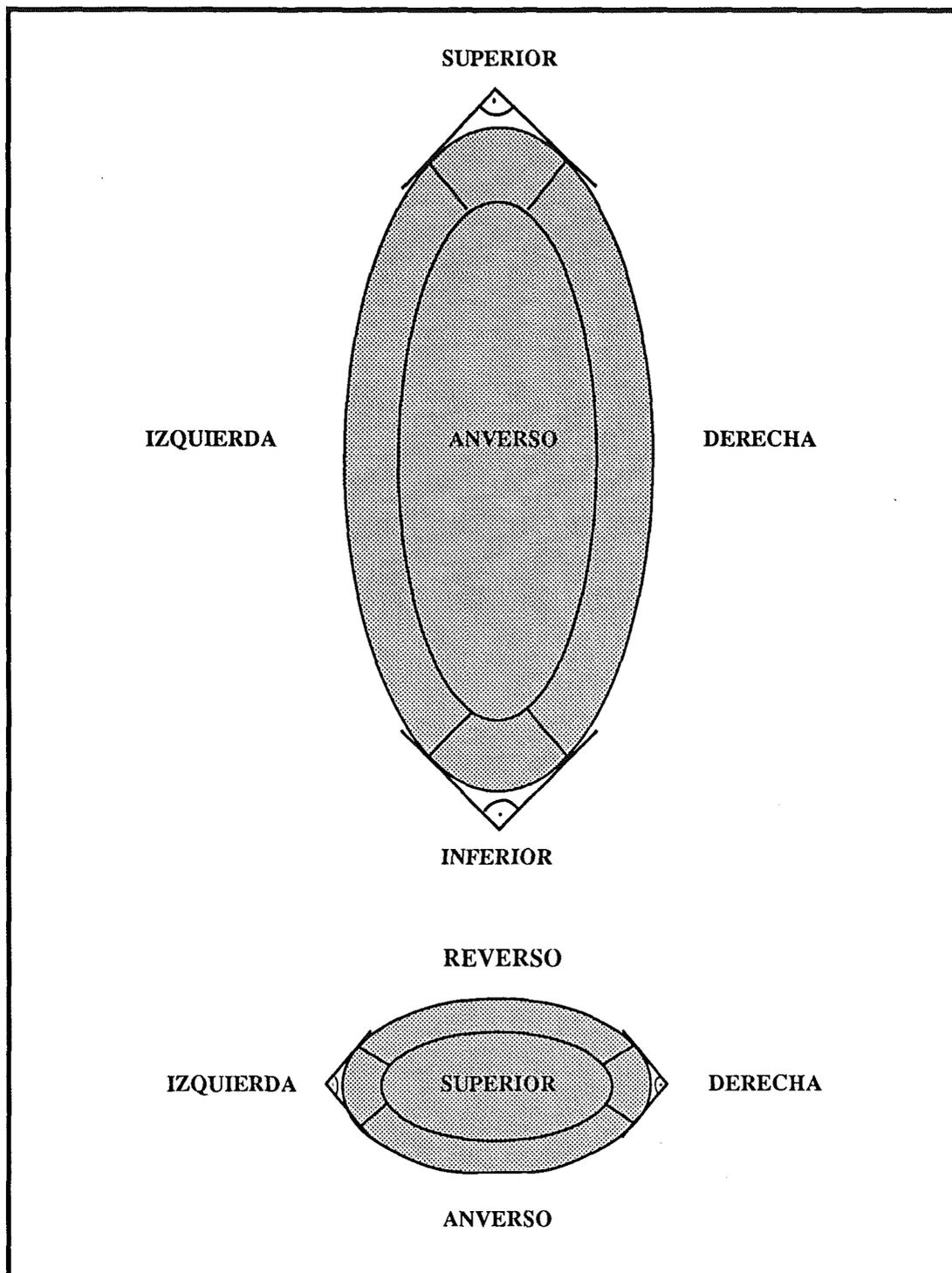


Gráf. 2.2: Criterios de orientación de artefactos líticos para la descripción analítica (1: criterio 1; 2: criterio 2; 3: criterio 3; 4: criterio 4; 5: criterio 5; 6: criterios 6, 7 y 8).



Gráf. 2.3: Delimitación de las caras del artefacto lítico.

2.1.2. N^o inventario

La numeración de los artefactos líticos se individualiza como mínimo por cada yacimiento estudiado, que está caracterizado por su sigla:

AL: Almizaraque

FA: Fuente Alamo

GA: Gatas

En algunos yacimientos el sistema de registro se realizaba por cada sondeo y zona de excavación. En estos casos, como el de Gatas, el código de yacimiento va seguido por el del sector excavado:

S1: Sondeo 1

S2: Sondeo 2

S3: Sondeo 3

S4: Sondeo 4

ZA: Zona A

ZB: Zona B

ZC: Zona C

Por último, el número de inventario va precedido por una L-, con el fin de permitir una clara diferenciación de tipos de materiales a la hora de establecer los bancos de datos de un yacimiento.¹²

2.1.3. Conj./Cont.

En este campo se menciona el conjunto o contexto (según el sistema de excavación seguido) del cual procede el artefacto descrito.

2.1.4. Subconjunto

Corresponde al subconjunto en el caso de que se trata de una excavación realizada siguiendo el sistema de conjuntos. En otros casos, como el de Fuente Alamo, este campo ha sido utilizado para mencionar información adicional sobre el contexto de excavación (p.e. *Casa O*).

2.1.5. Ítem

Se trata de una primera clasificación del ítem por grupos definidos apriorísticamente, que en muchas ocasiones sigue denominaciones tradicionales, mientras que en otras atiende a las huellas de uso observadas. En la definición de estas categorías intervienen tanto criterios morfométricos, como funcionales o supuestamente funcionales (p.e. “brazales de arquero”) sin una jerarquía previa. Esta clasificación, al igual que la de “tipo”, fue establecida *a priori* del estudio de los materiales líticos y se ha ido matizando a medida que ha procedido el conocimiento empírico de los materiales de estudio. Se trata, por lo tanto, no sólo de categorías sintéticas, sino dinámicas, en el sentido de que pueden ser definidos nuevos ítems o tipos. En la clasificación de artefactos escasamente descritos por la bibliografía arqueológica se han priorizado siempre las huellas de uso observadas (p.e., útiles abrasivos o de percusión, en caso de presentar superficies con huellas de uso causadas por fricción). En cualquier caso estas

¹² En el caso de Fuente Alamo cada ítem consta además del número de contexto del que procedieron, de modo que se pueden localizar tanto por el número de inventario L-, como por el número de contexto (*Fundnummer*).

clases de artefactos deberán ser contrastadas con los tipos analíticos resultantes del estudio morfométrico, petrológico y funcional. A pesar de que la arqueología cuantitativa ha omitido conscientemente el factor subjetivo en la investigación, éste sigue siendo parte de nuestra forma de observar el mundo físico que nos rodea. Conservar esta clasificación significa dar a conocer la historia del aprendizaje de la materia, así como poner a prueba nuestra observación impresionista de los materiales arqueológicos.

El ítem siempre se clasifica y describe en su forma final. Si se trata de una reutilización de otro tipo de artefacto, éste se registrará a continuación entre ().

ALS: Alisador; se trata de útiles cuyas zonas activas presenta señales de haber sido utilizados por procesos abrasivos (*infra*).

APE: Alisador/percutor; artefactos con superficies activas que presentan señales de alisado o abrasión y percusión (*infra*).

AZU: Azuela; instrumento con filo cortante asimétrico en la cara superior.

BRA: Brazaletes; se trata de los brazaletes circulares de piedra pulimentada que aparecen desde el neolítico.

BRQ: Plaqueta perforada o “brazal de arquero”.

CAZ: Cubeta o pila; se utiliza para definir artefactos líticos con una gran abertura, destinados a contener otros objetos o líquidos.

CIN: Cincel; artefactos de filo cortante en la cara superior pero más estrechos y alargados que las hachas y azuelas.

COL: Colgante; la condición indispensable para incluir un ítem en este grupo es que presente una o más perforaciones de pequeñas dimensiones (menor a los 2 cm de Ø) en el eje menor (Z), y que no se trate de plaquetas perforadas.

CTA: Cuentas de collar; objetos con una perforación en el eje longitudinal o transversal.

ETL: Estela; se trata de estelas, que en el contexto calcolítico y argárico antiguo suelen aparecer asociados a estructuras funerarias.

FOS: Fósil; aparecen sobre todo en yacimientos sobre formación calcárea, en travertinos o en margas. Su aparición puede ser ajena a la selección antrópica.

HAC: Hacha; artefacto con filo cortante simétrico en la cara superior.

IDO: Idolo; ítems tradicionalmente definidos como ídolos, cuya función, sin embargo, es desconocida.

IND: Indefinible; posible artefacto o arteuso que no presenta superficies activas observables ni forma definida. En muchos casos se trata de materia prima almacenada.

LAS: Lasca; fragmento de roca extraído voluntariamente por talla o indirectamente como resultado de una acción de percusión.

LOS: Losa o laja; ítem con cara anversa y reversa tendentes a ser planas (RT/RT) y que generalmente presenta grandes dimensiones (>20cm). Muchas losas pueden ser de formación natural y haber sido transportadas al yacimiento para su uso como superficies de trabajo y/o como cubiertas de tumba.

MAM: Maza de minero; definición tradicional que se utiliza para referirse a percutores con

una o varias ranuras perimetrales para el enmangue.

MDE: Molde de fundición; ítem que en el anverso presenta una oquedad en forma de artefacto de metal.

MOL: Molino; artefacto de grandes dimensiones cuya cara anversa, y ocasionalmente también reversa, presentan en toda o casi toda su extensión una superficie con huellas de uso abrasivas. Como muestran múltiples trabajos etno-arqueológicos y etnográficos, no tiene que tratarse necesariamente de instrumentos para la molienda de cereal.

MOM: Molino-quicio; se trata de un artefacto de aspecto similar a los molinos, con la cara anversa alisada, pero que además presenta una cavidad circular en el centro de esa misma cara anversa. En un primer momento se consideró la posibilidad de que se tratase de morteros, a pesar de las escasas dimensiones de la oquedad. Sin embargo, las huellas de uso circulares en los márgenes de la cavidad parecen indicar que se trataría de quicios (ver capítulo 3).

MOR: Mortero; ítems presentan en la cara anversa una cavidad central mayor y más profunda que la de los posibles quicios (**MOM**), y menor que la de las pilas o cubetas (**CAZ**). Además se distingue porque las caras interiores de la oquedad presentan huellas de uso abrasivo y triturado, ausentes en las pilas.

MUE: Muela o mano; artefacto que forma la parte móvil del molino y que suele utilizarse con dos manos. Generalmente los alisadores de gran tamaño o los molinos pequeños se han clasificado como manos. Sin embargo, los límites métricos entre las tres categorías se solapan, por lo que en caso de duda hemos preferido incluir este ítem entre los alisadores, con el fin de diferenciar tipos por medio de criterios morfométricos y funcionales.

PCR: Afiladores o pulidores con ranura central; instrumentos con ranura longitudinal pulida o alisada en una o varias caras. La ranura suele hacerse más ancha hacia uno de los extremos, y siempre atraviesa la cara de lado a lado, como también ocurre en algunos moldes para punzones de metal. Sin embargo, la cara en la que se inserta la ranura no suele ser plana (**RT/RT**), como es el caso de moldes, sino ligeramente convexa en el eje transversal (**CX/RT**). Semenov (1981), basándose en paralelos etnográficos, interpreta estos artefactos como afiladores para la producción de punzones de hueso. Otros autores los han denominado "enderezadores" de astiles de flechas.

PEC: Percutor; artefacto con superficie activa que presenta huellas de uso producidas por percusión.

PIA: Piedra de afilar; clasificación subjetiva para supuestos afiladores. Generalmente se han incluido en la categoría de alisadores.

PIC: Pico; se suelen incluir en esta categoría útiles que terminan en una punta formada por tres aristas. Sin embargo, Hayden (1987: 49-53) ha mostrado como no existe diferencia funcional entre estas formas y artefactos con una arista, ya que lo relevante es el ángulo de la arista y el material utilizado. Por lo, tanto consideramos en esta categoría aquellos artefactos que presenten una o varias aristas activas y que, a diferencia de las **AZU** y **HAC**, estén tallados.

PIE: Piedra; se trata generalmente de rocas sin huellas de trabajo o uso, que pueden haber

representado un arteuso (p.e. material constructivo) o proceder de la base geológica del yacimiento.

PLA: Placa o plaqueta; ítems con caras anversas y reversas más o menos rectas, de menores dimensiones que las losas y, a diferencia de los BRQ, sin perforaciones.

PMO: Materia prima para la producción de molinos; se trata de cantos rodados de grandes dimensiones, con o sin señales de trabajo con pico, destinados a servir como molinos. Forman uno de los pasos en la “cadena operativa” de la producción de molinos.

QUI: Quicio; rocas que por su contexto (p.e., en vanos de puertas) o por presentar restos del eje de una puerta (p.e., GA-S3-L-40) pueden ser definidos sin lugar a duda como quicios.

SRS: Piedra ovoide o esférica pequeña; se trata de cantos rodados de pequeñas dimensiones en los que no se aprecian huellas de uso ni siquiera por observación microscópica a 80X. Generalmente suele tratarse de cuarzos lechosos.

2.1.6. Tipo

Disponer de una segunda categoría subjetiva de clasificación ha servido para subrayar determinadas características de algunos ítems. Igual que en el campo anterior, estos tipos se han establecido utilizando indistintamente criterios formales, métricos y, en algunos casos, geológicos.

BAR: Molino barquiforme;

CAM: Idolo de Camarillas;

CAR: Canto rodado; después de la observación de un gran número de ítems se ha podido constatar que la gran mayoría, incluidos los artefactos de molienda, las muelas o las losas, se han realizado a partir de cantos rodados. En un principio se pensó que sería posible diferenciar estos cantos de otros materiales extraídos por medio de fracturación de rocas. Esto ha sido así siempre que se han podido constatar evidencias de la superficie original, en cuyo caso se ha hecho constar como tal. En el caso de los molinos, manos y losas, elaborados mayoritariamente a partir de clastos, no se ha especificado su pertenencia a esta categoría. En todas las descripciones de ítems es posible reconocer si puede tratarse de cantos rodados por medio del registro del tratamiento natural o antrópico de las caras (*infra*).

CRN: Artefactos que presentan, en una o varias de las caras, una profundización o acanaladura artificial más ancha que en el caso de los PCR. Presentan huellas de uso abrasivas.

DIS: Formas discoidales, generalmente cantos rodados.

HAC: Moldes para la producción de hachas.

PUN: Moldes para la producción de punzones.

QUA: Ítems de forma prismática; todas las superficies tiendan a presentar formas RT/RT y los ángulos formados por las diferentes caras se aproximan a los 90°.

REP: Molinos que presentan, en la parte superior o inferior de la cara anversa, una elevación en la que con frecuencia se observan huellas abrasivas poco pronunciadas. La formación de estas elevaciones se deriva del movimiento que se realiza con la muela durante la molienda, cuando las dimensiones del molino son algo mayores a las abarcables voluntaria o

involuntariamente.

STA: Item alargado de sección transversal aproximadamente circular. Suele presentar huellas de uso abrasivas en las caras superiores e inferiores, junto con una coloración oscura de la superficie. Ocasionalmente se han denominado “atizadores de fuego” (Ayala 1991).

TRI: Molinos de sección transversal aproximadamente triangular. Al inicio del trabajo se consideró como un tipo diferenciado de útil de molienda. Sin embargo, luego se observó que este rasgo es consecuencia de la orientación de los cantos naturales para obtener una adecuada orientación de la estructura natural de la piedra, así como del elevado desgaste del útil. En esta categoría sólo se pueden incluir artefactos de esquisto, micaesquisto y micaesquisto granatífero.

2.1.7. Materia prima

En este campo aparece el material geológico del ítem. La variabilidad terminológica existente para clasificar las rocas (especialmente las metamórficas) y la colaboración en los diferentes proyectos arqueológicos de geólogos procedentes de distintas escuelas, ha supuesto una multiplicidad de términos, que definen aproximadamente las mismas rocas. En un principio hemos referido respetar esta variabilidad, para proponer una unificación de criterios tras la determinación petrológica macroscópica, con muestreo petrográfico (véase apartado 2.2).

ACA: Arenisca calcárea

AND: Andesita

ANF: Anfibolita

ARE: Arenisca

BAC: Basalto (compacto)

BAS: Basalto (vesicular)

CAL: Caliza

CCT: Cuarzita

CES: Calcoesquisto

CGL: Conglomerado

CZO: Cuarzo

DAC: Dacitas y Riodacitas

DIB O DIO: Diabasas o Dioritas

DOL: Dolomita

EMC: Esquisto psamítico con moscovita y clorita

ESA: Pizarra arenosa o psamítica

ESC: Escoria

ESM: Esquisto micáceo

ESQ: Esquisto

GAB: Gabro

GNE: Gneis

GRA: Granate

MAG: Marga
MAR: Mármol
MAI: Mármol impuro
MCG: Microconglomerado
MEG: Micaesquisto granatífero
MPC: Metapsamita con clorita
MPS: Metapsamita
OFI: Ofita
PPO: Piedra pómez
PZA: Pizarra
RIO: Riolita
SER: Serpentinita
SLX: Sflex
TOB: Turba
TRA: Travertino
TRQ: Traquita
YED: Yeso (duro); formaciones de la sierra de Almagro.
YES: Yeso (transparente)

2.1.8. Estructura/granulometría

Estructura: En el caso de los molinos de algún tipo de esquisto se consideró la posibilidad de que existiese una pauta en la inclinación de los estratos naturales con respecto a la cara anversa activa. Este ángulo se expresa en grados, de 0° a 90°.

Granulometría: En el uso de los artefactos de micaesquisto granatífero, conglomerado y microconglomerado (molinos en la mayoría de los casos) parecía haber influido el tamaño y la cantidad de elementos de mayor dureza (p.e. granates) en la matriz de la roca. Se midió la frecuencia de los elementos resistentes por cm², así como el tamaño de las partículas:

- 1: pequeño (1-2.5 mm)
- 2: mediano (2.6-4.5 mm)
- 3: grande (4.6-6.5 mm)
- 4: muy grande (>6.6 mm)

2.1.9. Peso

El peso de las piezas inventariadas está expresado en gramos.

2.1.10. Conservación

El grado de fragmentación de los materiales líticos se ha descrito de una forma normalizada, tomando como referencia el grado de conservación del ítem original. Muchas piezas sufren un desgaste importante o se fracturan durante su uso, especialmente si han servido como percutores. Sólo se puede hablar de ítem no completo si existe una fractura que

ha afectado a toda la pieza y no se observan señales de uso posterior. Con frecuencia resulta difícil definir en qué momento de la utilización o reutilización de la pieza se produjo la rotura definitiva, por lo que se toma como referencia de conservación el ítem en su estado final de uso. Así, por ejemplo, un molino fracturado puede ser reutilizado como muela o alisador. En estos casos la pieza se ha inventariado de acuerdo con su funcionalidad final, anotando entre paréntesis el tipo de artefacto original cuando éste pudo ser identificado. Es posible que se reutilizaran muchas más piezas de lo reconocible materialmente, como indican las múltiples y variadas huellas de uso observables en los artefactos.

Por último, cabe mencionar la dificultad para distinguir roturas involuntarias o naturales de fracturas producidas durante la elaboración del artefacto en los márgenes de losas y placas, ya que ambas presentan el mismo aspecto. En casos ambiguos siempre se han considerado como roturas.

ENA: No se ha conservado la cara reversa

END: No se ha conservado la cara izquierda

ENI: No se ha conservado la cara derecha

ENR: No se ha conservado la cara anversa

ENT: Ítem entero

FGI: Sólo se ha conservado la parte inferior de la pieza

FGM: Sólo se ha conservado la parte medial de la pieza

FGS: Sólo se ha conservado la parte superior de la pieza

FGT: Fragmento

FMI: Se ha conservado la parte medial e inferior

FSM: Se ha conservado la parte superior y medial.

Globalmente se puede considerar que los ítems incluidos en las categorías FMI, FSM, ENA, END, ENI y ENR representan más de la mitad de las piezas originales, mientras que las categorías FGI, FGM y FGS indican un grado de conservación menor, pero que todavía permite una orientación del fragmento en cuanto al ítem original imaginario. La categoría FGT significa que tal orientación no es posible, e incluye piezas que conservan menos de 1/3 del ítem original. En la categoría ENT también se han clasificado aquellos artefactos que sólo presentan una fractura mínima en alguna de las caras, que no afecta a la descripción morfométrica y funcional de la pieza y, probablemente, tampoco afectó a su uso en el pasado.

2.1.11. Número de fragmentos

Número de fragmentos correspondientes a un mismo artefacto.

2.1.12. Descripción morfológica: Forma de las caras anversa, reversa, superior, inferior, derecha e izquierda

La definición morfológica de una pieza se realiza a partir de la descripción del perfil

longitudinal y transversal de cada una de sus caras. Para mayor operatividad y rapidez se ha seguido un sistema normalizado de descripción en tres movimientos:

A) La situación del ítem en su posición inicial permite observar el perfil longitudinal de las caras superior, inferior, derecha e izquierda.

B) El giro de 90° de la pieza sobre su eje transversal Y (siguiendo las normas DIN de movimiento descritas arriba) permite describir el perfil transversal de las caras anverso, reverso, derecha e izquierda.

C) El giro de 90° de la pieza sobre su eje de profundidad Z permite describir el perfil longitudinal de las caras anversa y reverso y el perfil transversal de las caras superior e inferior.

La descripción morfológica de cada una de las caras resultará, pues, de la combinación de las siguientes categorías:

AG: Forma que presenta un canto agudo

CX: Forma convexa

CV: Forma cóncava

IR: Forma irregular

RO: Forma no observable debido a la ausencia o fractura de cara

RT: Forma recta o plana

2.1.13. Métrica: Longitud máxima/mínima; Anchura máxima/mínima; Grosor máximo/mínimo; Peso

Para la definición métrica de la pieza se miden la altura, la anchura y el grosor máximo. Estas medidas siempre describen el prisma mínimo en el que es posible insertar el ítem. En determinados casos es importante añadir además las medidas mínimas de uno o varios ejes. Sólo en el caso de los “molinos”, y si no queda especificado de otra forma, el grosor se refiere a la medida en el punto de mayor desgaste del artefacto, debido a la relevancia de éste para la comprensión de la dinámica de uso de estos artefactos. Todas las medidas se expresan en milímetros, y el peso, en gramos.

2.1.14. Descripción funcional: Utilidad de las caras anversa, reversa, superior, inferior, derecha e izquierda

Estos campos describen las huellas de uso observables en la superficie de las seis caras de un ítem. Las categorías se han jerarquizado según el grado de “antropización” de la superficie.

En algunos casos las huellas de uso no aparecen circunscritas con nitidez a las caras analíticamente definidas analíticamente, sino que se extienden por varias caras o están presentes sólo en los límites entre dos o más caras. En estos casos la descripción se consigna en cada cara. Cuando la huella de uso se extiende sobre todo por una de las caras, su métrica aparece en el campo correspondiente. Si las huellas se extienden uniformemente por varias caras, se registra la métrica de cada una de ellas.

En ocasiones la morfología de las superficies activas no se corresponde con la morfología

de la cara que ocupan o se sitúan en los márgenes de esta. En estos casos puede mencionarse entre () la forma específica de la superficie activa.

Se han establecido las siguientes categorías:

A. Superficies naturales que no presentan huellas de trabajo o de uso.

IR: Superficies irregulares o rugosas.

LI: Superficies lisas debido a procesos naturales (acción hídrica o eólica).

RO: Superficies fracturadas debido a procesos antrópicos o postdeposicionales (*supra*).

B. Superficies trabajadas pasivas con formas generales.¹³

PU: Superficie trabajada por fricción (p.e., las hachas).

TR: Superficie trabajada por percusión.

C. Superficies trabajadas y/o naturales activas con formas generales.

AL: Superficie con huellas de uso producidas por fricción.

GA: Superficie con huellas de uso producidas por percusión, que no presentan fracturas.

GO: Superficie con huellas de uso producidas por percusión.

D. Superficies trabajadas activas con formas especializadas.

CA: Superficie convexa y circular producida por el uso (p.e., en quicios).

DT: Arista cortante dentada.

FL: Arista cortante afilada.

MD: Superficie utilizada para el vertido de metal líquido.

PT: Vértice incidente apuntado.

RA: Superficie en forma de profundización oblonga, con huellas de uso producidas por pulido o por alisado, cuya forma se ha originado por o ha sido requerida para el uso. Nunca se han observado acanaladuras activas producidas por percusión, que sí aparecen en RA pasivas para el enmangue de la pieza.

E. Superficies trabajadas pasivas con forma especializadas.

Estas superficies se han descrito en el campo **DECORACION**.

No siempre es posible determinar de forma unívoca si la superficie de que se trata es activa o pasiva, o si las huellas presentes en ella obedecen a la acción de agentes naturales. Así, por ejemplo, una de las dificultades reside en separar con nitidez las categorías **LI-PU-AL**. En principio, el pulido puede ser tanto producto del trabajo de la pieza como de su uso: una superficie puede haber sido pulida con medios abrasivos con el fin de obtener un artefacto de

¹³ Mientras que con "formas generales" nos referimos a la forma general del ítem descrita en los campos morfológicos, las denominadas "formas especializadas" implican una forma específica no reflejada en la descripción formal previa. La función atribuida a estas formas especializadas es apriorística o potencial (p.e., suponer que el filo de una hacha sirve para cortar).

una forma específica, o puede presentar una superficie pulida debido al tratamiento de otros materiales. Incluso es importante tener en cuenta los pulidos antrópicos pero involuntarios, como los que resultan de sujetar un artefacto durante periodos prolongados, que presentan un aspecto similar al producido por el trabajo de la piel.¹⁴

Además, el material geológico tiene una influencia considerable en la posibilidad de diferenciar las tres categorías. Así, materiales de grano muy fino (p.e., cuarcitas y basaltos compactos) se presentan altamente pulidos incluso en su estado natural como cantos rodados. En muchos casos la meteorización de la superficie, que produce un cambio de coloración, puede ser un criterio útil para determinar si se trata de superficies naturales. En otros casos resulta de ayuda la observación meso y microscópica de las piezas para asegurar por el tipo de estrías y su orientación si las superficies han sido tratadas o no. En materiales geológicos de grano grueso (p.e., areniscas) o menos compacto (p.e., esquistos) resulta más difícil identificar posibles huellas de uso, ya que no existen superficies regulares sobre las que éstas se reflejen, y el pulido produce una extracción de grano más que su desgaste. Así, por ejemplo, en muchos casos es difícil determinar si las caras reversas, superiores, inferiores, derechas e izquierdas de los denominados molinos son las naturales de los cantos rodados que sirvieron como forma de partida para estos artefactos o si recibieron un tratamiento específico, que en general no parece haber sido necesario. Muchas de las huellas observables en la cara reversa parecen ser más bien resultado del apoyo de los artefactos que de una modificación voluntaria.

También hay que señalar que, cuando se trata de ítems pesados difíciles de transportar, su examen se suele llevar a cabo en lugares de trabajo próximos a las excavaciones, donde no siempre se dispone de los medios adecuados (lupas binoculares, microscopios, luz halógena, etc). Por tanto, se aconseja una observación macroscópica detallada de los ítems, que en la mayoría de los casos permite apreciar estrías y otras huellas de uso (*infra*). Un criterio de gran utilidad es el tacto, ya que de esta forma se perciben diferencias de rugosidad de la superficie que no son apreciables a simple vista. La combinación de observaciones macroscópicas y de tacto suele ser suficiente para determinar si se trata de pulidos naturales o artificiales. En muchos casos la comparación de diferentes tipos de superficies permite distinguir los tipos de pulidos. Así, una pieza oval que presenta en alguna de sus caras una superficie más pulida que el resto y tendente a la horizontalidad, es resultado de un pulido artificial. Si estos rasgos se observan sólo en alguna de las caras y se trata de formas no muy diferentes a las que resultarían en una roca natural, tiene que ser una superficie activa. La presencia o no de estrías no siempre resulta útil para diferenciar las categorías **PU** y **AL**, como se ha argumentado más arriba, pero, cuando éstas aparecen, la determinación de su dirección puede ser clarificadora. En último término, el grado de experiencia del/de la investigador/a es importante a la hora de determinar las variables funcionales.

¹⁴ Hayden (1987: 95-96) describe estas superficies, observadas en alisadores de basalto y roca verde, como *hand polish*.

2.1.15. Métrica funcional: medidas de las superficies activas en las diferentes caras

Medida A: En este campo se reflejan las medidas máximas longitudinal y transversal de las huellas de uso en las caras anversa y reversa sucesivamente.

Medida B: Medidas máximas longitudinal y transversal de las huellas de uso en las caras superior e inferior.

Medida C: Medidas máximas longitudinal y transversal de las huellas de uso en las caras derecha e izquierda.

Concavidad: Concavidad de la superficie activa en el eje de mayor longitud.

Convexidad: Convexidad de la superficie activa en el eje de mayor longitud.

Todas las medidas se expresan en milímetros. En el caso de la concavidad y la convexidad, la medida va precedida por el código de la cara del objeto a la que se refiere:

A: Anverso; **R:** Reverso; **S:** Superior; **I:** Inferior; **D:** Derecha; **X:** Izquierda

De esta forma, el campo **Conc./Conv.** se articula de la siguiente manera:

(A...mm.R...mm.S...mm.I...mm.D...mm.X...mm/A...mm.R...mm.S...mm.I...mm.D...mm.X...mm)

Concavidad

Convexidad

En algunos casos no hay espacio suficiente para documentar la métrica de todas las huellas de uso observadas en una misma cara (p.e., AL/RA). Cuando ocurre así se pueden usar los campos métricos correspondientes a "Decoración", o anotar las medidas en el campo funcional detrás del código funcional.

En muchos casos resulta imposible medir las superficies utilizadas por percusión, debido a las grandes fracturas que produce esta actividad.

2.1.16. Decoración

Como se ha dicho más arriba, se trata de superficies trabajadas pasivas con formas especializadas, por lo que este campo está relacionado con la función del artefacto o arteuso. Su anotación como campo adicional se debe exclusivamente a un problema de espacio en la configuración del banco de datos.

BO: Boca; atributo utilizado para la descripción de las estelas de Fuente Alamo.

CA: Cavidad; profundización en la superficie del ítem que no desempeña una función activa.

CO: Coloración de la superficie; a pesar de que puede tratarse de una huella producida por el uso, se menciona en este campo por constituir un producto residual del contacto con otras materias.

IN: Incisión

IP: Perforación sin terminar; en algunos casos se han podido observar perforaciones que por alguna razón no han sido finalizadas.

OU: Oculado; atributo utilizado para la descripción de las estelas de Fuente Alamo.

OC: Ocre; superficies en las que se observan restos de ocre.

PE: Perforación; perforaciones que atraviesan las piezas y que no se han producido por el uso del artefacto, sino para otros fines decorativos o de sujeción (p.e., colgantes).

RA: Ranura; a diferencia de las ranuras descritas en el campo de superficies activas con formas especializadas, en este caso se trata de huellas producidas, p.e., por el empuje de las piezas (p.e., mazas de minero)

RE: Elevación observada en uno o ambos extremos de algunos molinos.

TE: Alteración térmica; en muchos casos la superficie presenta una tonalidad oscura.

2.1.17. Situación y métrica de la decoración

En este campo se refleja la cara en la que se han observado los elementos descritos anteriormente, así como su longitud, anchura y profundidad.

Se representa de la siguiente manera:

A long.mm; anch.mm; prof.mm / R long.mm; anch.mm; prof.mm / S long.mm; anch.mm; prof.mm / I long.mm; anch.mm; prof.mm / D long.mm; anch.mm; prof.mm / X long.mm; anch.mm; prof.mm

Si las características descritas aparecen en todas las caras, se consignará el código **TOT**.

En el caso de que se trate de perforaciones, se enumeran las caras que atraviesan (p.e., **AR:** anverso-reverso), mientras que el \emptyset max. y el \emptyset min. ocupan el lugar que en otros casos corresponde a la longitud y la anchura.

2.1.18. Análisis

En este campo se mencionan otros análisis, aparte del macroscópico, a que se ha sometido el material lítico.

MIC: Microscopía. Todas las caras del artefacto se han observado mesoscópicamente a 20X, y en ocasiones a 40X. En los materiales estudiados se ha observado que, en el estado actual de la investigación (véase apartado 2.3), las huellas de uso macrolíticas son reconocibles a pocos aumentos, y no parece que se gane información adicional con observaciones a mayor escala, debido a la heterogeneidad de forma, tamaño, textura, etc. de la mayoría de los materiales geológicos considerados. En algunos casos, los rasgos observables se han estudiado en detalle. En este campo descriptivo sólo se ha anotado la existencia de estrías (**Est.**), por la importancia que tiene esta variable para diferenciar tipos de tratamiento de las superficies. En este caso se anota también la dirección que siguen:

L: Huellas que siguen el eje longitudinal de la cara que ocupan

T: Huellas transversales al eje longitudinal de la cara

N: Huellas en dirección diagonal

C: Estrías no paralelas sin orientación determinada

PET: Objetos sometidos a análisis petrográfico.

Separación de información:

Cuando aparece información de diferente orden en un mismo campo, las barras (/) diferencian los diferentes códigos. Ejemplos:

RT/CX: Forma de los perfiles de las superficies.

AL/GO: En una cara aparecen tanto huellas abrasivas como percusivas formando superficies activas separadas.

45°;5/2: La inclinación es de 45°, en un ítem que presenta 5 elementos de tamaño medio y mayor dureza por cm².

34/12: En los campos de métrica funcional indica que las dimensiones máximas de la superficie activa son , 34 mm en vertical y 12 mm en horizontal.

Los guiones (-) se utilizan cuando se observan diferentes rasgos de forma conjunta. Ejemplos:

RT-CX: La forma descrita no resulta del todo recta, pero tampoco presenta una marcada convexidad.

GO-AL: Las huellas observadas reflejan un uso de percusión así como de alisado o abrasión en una misma superficie activa.

Las comas (,) y los puntos y comas (;) se han utilizado para la enumeración de informaciones relacionadas indirectamente. Ejemplos:

A1,R2: En el campo de convexidad indica que la convexidad del eje longitudinal de la cara anversa es de 1mm , y la del eje longitudinal de la cara reversa, de 2mm.

45°;5/2: El grado de inclinación es de 45°, en un ítem que presenta 5 elementos de tamaño medio y mayor dureza por cm².

Otros signos:

?: En algunos casos no ha sido posible confirmar algún criterio, por lo que se ha preferido añadir a la información su grado de probabilidad. La información así caracterizada es tenida en cuenta en el tratamiento estadístico.

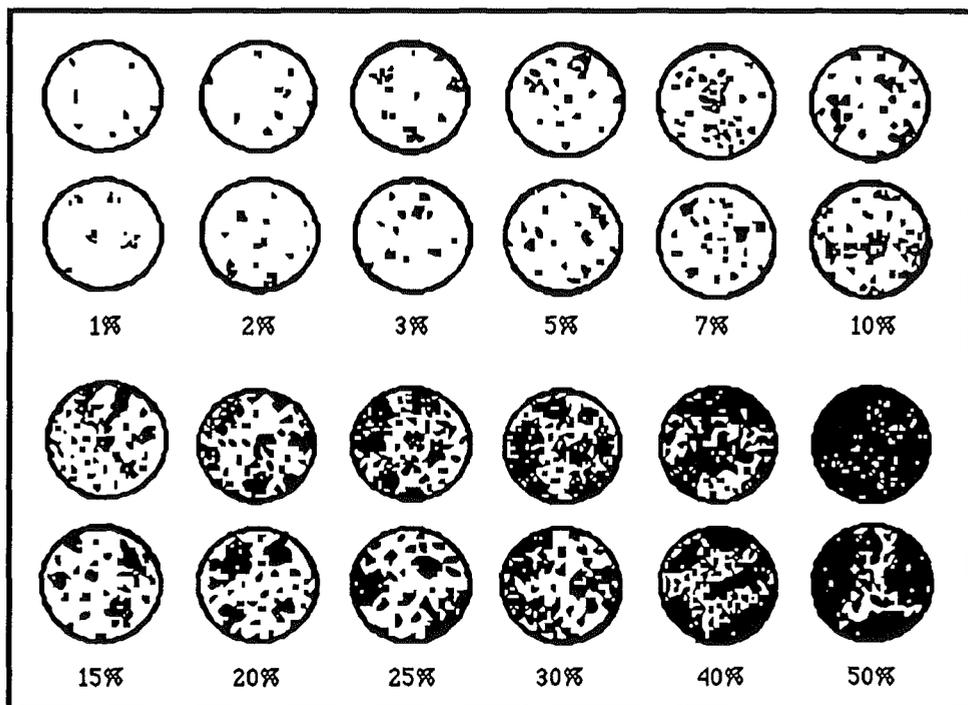
2.2. ANALISIS PETROLOGICO

El segundo aspecto propuesto por el modelo aquí desarrollado, dirigido a acercarnos a la materialidad natural y social de los artefactos y arteusos líticos, es el análisis petrológico. Su finalidad es identificar las características mineralógicas y estructurales de las rocas empleadas por las comunidades prehistóricas. Una descripción petrológica detallada de las rocas utilizadas antrópicamente es fundamental tanto para la determinación de las parámetros físicos y químicos que condicionan el comportamiento material, como para la posterior realización de análisis funcionales. Los diferentes estudios de huellas de uso realizados sobre sílex generalmente se pueden comparar, ya que las estructura y la granulometría de la roca suelen ser similares en todos los afloramientos. En análisis funcionales sobre artefactos de otro tipo de rocas se echa en falta una mejor descripción de las características petrográficas básicas, ya que la variedad de areniscas, esquistos, basaltos, etc. apropiados socialmente en algún momento y lugar es

inmensa. Las fracturas producidas, por ejemplo, sobre percutores de basalto de grano muy fino pero inequigranular no son las mismas que las que se originan en el mismo material de grano mayor y equigranular. Lo mismo ocurre con la formación de estrias u otros aspectos de la superficie de las rocas, como se verá en el apartado 2.3.

Por ello se propone un sistema de clasificación a tres niveles, que considera la cualidad y cantidad de los minerales y de los granos, y la estructura de las rocas. En los primeros dos niveles se trata de un análisis petrográfico, mientras que el tercero aborda también el comportamiento material de las rocas. Los criterios elegidos para definir la composición de la roca son la cantidad, el tamaño y la microestructura intergranular de los minerales y los granos, y el aspecto geométrico de las rocas. En un primer paso estas determinaciones se pueden realizar por observación mesoscópica (40X en el presente estudio), para confirmarlas posteriormente por medio de análisis de láminas delgadas a escala microscópica. Hemos comprobado que una repetición sucesiva de este procedimiento permite ajustar progresivamente las determinaciones mesoscópicas hasta obtener elevados niveles de fiabilidad (90% en el caso de la Depresión de Vera). También se pudo observar que la mayoría de los errores se producían en la cuantificación de los minerales, y no en su identificación.

Cantidad: Esta característica se puede determinar visualmente según las tablas clásicas de proporción modal de minerales en las rocas (gráf. 2.4). Sin embargo, cabe tener en cuenta que en el caso de algunos minerales o granos resulta difícil una cuantificación, debido a su escasa visibilidad individualizada frente a otros granos o minerales.



Gráf. 2.4: Diagramas de estimación visual para la determinación de la proporción modal de minerales en las rocas.

Tamaño absoluto: La determinación del tamaño de los minerales y granos se puede realizar por medio de la incorporación de un micrómetro a uno de los oculares del binocular utilizado para las observaciones mesoscópicas, y por medio de un portamuestras con escala métrica que se puede situar sobre la lámina delgada. Los tamaños se han agrupado por rangos comúnmente aceptados en petrografía:

muy fino (mf) = $\emptyset < 0.5 \text{ mm}$

fino (f) = $0.5 \text{ mm} < \emptyset < 1 \text{ mm}$

medio (m) = $1 \text{ mm} < \emptyset < 5 \text{ mm}$

grueso (g) = $5 \text{ mm} < \emptyset < 30 \text{ mm}$

Tamaño relativo: Otra variable importante para conocer el comportamiento material de las rocas es la microestructura intergranular, es decir, el grado de homogeneidad o heterogeneidad del tamaño de minerales y granos. Las descripciones más interesantes a este respecto son el tamaño de grano relativo:

Equigranular u homoblástica (E): Define microestructuras en las que los granos constituyentes principales poseen tamaños análogos o del mismo orden de magnitud.

Inequigranular o heteroblástica (I): Define microestructuras en las que el tamaño de los granos presenta una distribución bimodal.

Seriado (S): Define microestructuras en las que existe una gradación completa entre tamaños de distintos órdenes de magnitud.

Aspecto geométrico o fábrica de las rocas: El comportamiento material de las rocas, especialmente su facilidad y forma de fracturación, depende no sólo de la dureza y fuerza de cohesión de las partículas, sino también de la estructura de la roca. Los conceptos que manejamos se han utilizado para describir rocas metamórficas (Yardley, Mackenzie y Guilford 1990), pero también pueden servir para otros tipos de rocas:

Fábrica planar: Rocas caracterizadas por la presencia de una fábrica anisótropa planar o conjunto de superficies más o menos paralelas penetrativas, producidas durante la foliación tectónica. También puede entenderse como foliación o laminación, aunque el significado petrológico de los términos no sea exactamente el mismo.

Fábrica linear: Rocas caracterizadas por una fábrica en la que abundan sobre todo los elementos alargados con una dirección dominante. Esta fábrica se origina cuando en el campo de esfuerzos domina el estiramiento frente al aplastamiento, lo que genera las denominadas "lineaciones de estiramiento", y/o a causa de la morfología característica de los elementos de la fábrica.

Fábrica plano-linear: Rocas caracterizadas por una fábrica con características planares a la vez que lineares sin que domine ninguna de las dos geometrías. Son las más frecuentes en rocas metamórficas con orientaciones preferentes, ya que normalmente se produce una sucesión de fases de deformación, cada una de las cuales puede generar foliaciones y lineaciones.

Fábrica isotropa: Rocas caracterizadas por poseer una fábrica sin ningún tipo de orientación

preferente. Normalmente se origina por crecimiento y recristalización mineral en un contexto dominado por procesos de tipo térmico, desarrollándose bajo un campo de esfuerzos en el que estos se distribuyen de manera que las resultantes actuantes sobre la roca son iguales en todas direcciones.

Alteración: Un indicio indirecto de la resistencia de la roca es la presencia o no de señales de alteración por meteorización.

La ficha descriptiva propuesta (tabla 2.1) caracteriza hasta un máximo de cuatro minerales, ordenados de mayor a menor importancia, según los criterios propuestos, así como la fábrica o estructura, la granulometría dominante y el grado de alteración de las rocas. La determinación petrológica sigue la nomenclatura más común para los diferentes tipos de rocas, aunque puede haber terminologías alternativas según la escuela petrológica de la que se proceda. Estas diferencias se acusan sobre todo en el caso de las rocas metamórficas. En el sistema de inventario se ha intentado respetar la variabilidad de los distintos sistemas de clasificación petrológica (véanse códigos geológicos en el apdo. 2.1.). De cualquier forma, la descripción detallada previa permite reconocer sin dificultad las características determinantes de la roca.

N°.INVENT	MINER.1	%/TAM.1	MINER.2	%/TAM.2	MINER.3	%/TAM.3	MINER.4	%/TAM.4	FABRIC	GRAN.	ALTER.	DETERMIN.
PEC-1	Czo y Plag.	60%/mf-f	Anfibol	40%/mf					labropa	mf-f/5	No	Dio*
PEC-2	Anfibol		Czo. y Plag.	50%/mf					labropa	mf/E	No	Dio
ALS-1	Czo y Plag.	>50%/mf	Moscovita	15%/f	Clorita	7%/f	Biotita	5%/mf		mf-f/1	No	Mpc
ALS-2	Czo	>50%/mf	Moscovita	23%/f	Clorita	7%/f	Biotita	5%/mf		mf-f/1	No	Mpc
ALS-3	Moscovita	>50%/f	Cuarsa	25%/mf	Granab	10%/f-m	Biotita	3%/mf	ar	mf-f/1	No	Mog
ALS-4	Czo y Plag.	60%/mf	Anfibol	40%/mf					labropa	mf/E	No	Dio
ALS-5	Czo	100%/mf							labropa	mf/E	No	Cct
ALS-6	Czo	95%/mf	Moscovita	5%/f					labropa	mf/E	No	Cct
MOL-1	Czo y Plag.	>50%/mf	Moscovita	40%/f	Clorita	3%/f	Biotita	2%/mf	ar	mf-f/1	No	Mpc

Tab. 2.1: Caracterización petrológica de las rocas utilizadas en el programa experimental.

2.3. ANALISIS FUNCIONAL Y PROGRAMA DE EXPERIMENTACION

2.3.1. Desarrollo de criterios para el análisis funcional en artefactos macrolíticos

El estudio funcional debe diferenciar una serie de niveles de análisis jerarquizados que van desde la observación empírica hasta la reconstrucción hipotética de la acción de la cual han resultado las huellas de uso. En muchos estudios no quedan separados claramente causa y efecto, lo cual ha creado una gran confusión tanto en la terminología utilizada, como en los factores considerados como responsables de formación de las huellas de uso. Por eso pensamos que es importante diferenciar tres niveles de análisis:

A. Observación y descripción de huellas, tanto naturales como antrópicas.

B. Análisis de los mecanismos de formación de las huellas observadas.

C. Propuesta de usos antrópicos y procesos naturales que han desencadenado estos mecanismos, que se reflejan sobre las superficies de los artefactos líticos en forma de huellas.

Al nivel de observación empírica se constatan huellas en las superficies de las herramientas líticas. En muchos casos ni siquiera es evidente que estos rasgos se deban a uso o desgaste del artefacto por acción antrópica. Muchos de los elementos detectables se pueden haber formado antes, durante o después del periodo de uso. Por tanto, el primer paso importante es conocer los mecanismos físico-químicos que han llevado a la formación de las huellas observadas. En muchos casos (p.e., el pulido) se siguen discutiendo los mecanismos que intervienen en la formación, deformación o desgaste de superficies. La tribología, como propone Adams (1989a, 1994), es uno de los campos de estudio que puede aportar nuevos resultados acerca del comportamiento entre materiales.

Sólo si se entienden estos mecanismos es posible *explicar* las huellas de uso y relacionarlas con formas específicas de contacto entre materiales. Sin embargo, la mayoría de los análisis funcionales pasan directamente de la observación empírica de las huellas de uso a la supuesta actividad que las produjo. La única base argumental la constituyen los ejemplos experimentales en los que se han observado patrones formales similares, y no modelos contrastados de comportamiento material. Mientras los análisis permanezcan a este nivel puramente experimental y no se profundice en el comportamiento físico-químico de rocas resultará difícil explicar científicamente, más que experimentalmente, la formación de las huellas de uso. Es necesario profundizar en el conocimiento de los procesos de alteración de las materias primas durante el contacto con otros materiales para conocer los procesos que intervienen en la formación de las huellas de uso, y a qué variedad de actividades pueden corresponder éstas.

Esta crítica metodológica al análisis funcional en su forma actual de desarrollo fija el marco del estudio aquí presentado. Sin embargo, más que invalidar el trabajo considerable realizado desde que Semenov introdujo este método de investigación en la arqueología a mediados de siglo, esta crítica define el nivel actual de conocimiento y los objetivos a investigar en el futuro. El análisis de los mecanismos de comportamiento físico-químico es una de las investigaciones más complejas, a la vez que fundamentales para un mejor aprovechamiento de los recursos naturales en la reproducción de las sociedades humanas, que excede en gran medida las posibilidades y capacidades del análisis funcional. Aunque el estudio de las huellas de uso se encuentra todavía en una fase inicial, en la que pesa más la experiencia del/de la observador/a que la aplicación de un método definido, constituye una línea de investigación fundamental si la arqueología pretende decir algo sobre el funcionamiento de los artefactos y no sólo sobre su forma y su composición.

El desarrollo de un método de análisis para el acercamiento a las estructuras económicas del pasado también ha hecho necesario iniciar un programa de experimentación y de determinación de huellas de uso para artefactos macrolíticos, ya que prácticamente no existen análisis

funcionales para este tipo de materiales. No se trata sólo de identificar formas de uso de las distintas herramientas prehistóricas, sino también de conocer mejor el comportamiento de las materias primas, así como las razones para utilizar artefactos de formas y dimensiones uniformes o diversas. Todo ello resulta de gran importancia si pretendemos dar un contenido empírico a conceptos tales como “trabajo”, “especialización” o “estandarización” a partir de los materiales arqueológicos.

La escasez de trabajos comparativos para el estudio funcional de industrias líticas no talladas supone la necesidad de desarrollar unos criterios de observación e identificación de huellas de uso. En consecuencia, es necesario un análisis crítico de los elementos empíricos comúnmente utilizados en el análisis funcional convencional, centrado sobre todo en artefactos de sílex. Se trata de discutir la utilidad de los criterios de análisis, para valorar a continuación sus posibilidades de aplicación al estudio de artefactos macrolíticos. En esta revisión se prestará especial atención a los escasos trabajos funcionales de industria no tallada.

2.3.1.1. Descripción de las superficies

Como se ha desarrollado más arriba, un estudio funcional requiere un conocimiento previo del material geológico utilizado como soporte de artefactos. Las condiciones físico-químicas de la roca desempeñan un papel importante en el comportamiento de sus superficies ante la acción de fenómenos naturales (meteorización, erosión, etc.) o antrópicos (desgaste por uso, talla, etc.). Por ello las huellas producidas en la superficie del objeto presentan una doble dependencia, tanto de la materia prima, como del suceso externo. La relación entre las huellas de uso y el estado de la superficie es indicativo del grado de incidencia de los sucesos externos en el aspecto de ésta. El grado de incidencia puede variar desde la total alteración de la superficie (p.e., las fracturas), hasta una modificación apenas observable (p.e., el brillo).

La observación del estado de la superficie tiene una importancia especial en artefactos alterados por fricción, ya que en los percutores el comportamiento de la superficie depende de la estructura global de la materia prima ante impactos externos. Adams (1989a; 1994), en su estudio de artefactos abrasivos, ha propuesto la utilización de los criterios de *aspereza* y *topografía* para describir el estado de las superficies activas. *Aspereza* define la combinación entre granularidad del material y rugosidad de la superficie, y está influenciada por la dureza de la roca. Sin embargo, este criterio es confuso, pues no establece una relación entre las variables que determinan la aspereza, que abarcan desde la composición mineralógica del material hasta la disposición y el intercrecimiento de los minerales y granos. Por otra parte, tampoco existe una relación directa entre aspereza y potencial abrasivo, que sí sería un criterio relevante para el comportamiento de las superficies activas. Así, por ejemplo, la piedra caliza puede ser una roca áspera, pero, al ser también blanda, resulta de escasa potencia abrasiva. Por topografía se entienden las diferencias de elevación existentes en el relieve de una superficie. Cuando la observación se realiza a escala microscópica, la aspereza se denomina microtopografía (Adams 1994). En todo caso, la diferenciación es confusa, ya que parece que se trata simplemente de una cuestión de escala más que de contenido. Tanto la aspereza como la topografía definen un

estado de la superficie y no un comportamiento, por lo que es preferible utilizar el segundo término para describir diferencias en la elevación de los granos o de la formación de huellas de uso, y evitar denotaciones sobre la calidad de la superficie. La topografía es el resultado tanto de la incidencia de factores externos sobre el objeto, como del comportamiento material. Las diferencias en la topografía de una superficie son difíciles de medir en términos absolutos por medio de microscopios, pero para los objetivos planteados resulta satisfactoria una diferenciación entre topografía alta, media y baja. Esto permite una descripción de las huellas de uso verticalmente diferenciada verticalmente en tres niveles, así como la determinación de la irregularidad de la superficie. Las mismas tablas utilizadas para la estimación de la proporción modal de los minerales (gráf. 2.4) pueden servir para cuantificar el grado de nivelación de una superficie.

2.3.1.2. Huellas lineares 1

Existe toda una serie de huellas lineares establecidas por el análisis funcional que generalmente se definen como *estrías*. Fueron analizadas inicialmente por Semenov (1981), quien las utilizó, junto al pulido, como elemento clave en los análisis funcionales. También se utilizan los términos *abrasions*, cuando son anchas (Keeley 1980: 23), *furrows*, *grooves*, *scratches* (Nance 1977: 262; Odell 1981) o rascadas (Semenov 1981). Se trata de un término bastante difuso, como la mayoría de los que se usan en el análisis funcional.

Aspecto:

La nitidez de las huellas lineales depende en gran medida de las características de la superficie de la herramienta, del material de que está hecha y del grado de desgaste. Los materiales en los que resulta difícil la identificación de estrías son el sílex calcáreo, de superficie irregular y áspera, las rocas volcánicas, la cuarcita, el asperón y la pizarra. Por el contrario, “piedras granuladas tales como el granito, la diabasa, la diorita, a consecuencia de una fricción prolongada, adquieren una nivelación de las partes trabajadas, en las que se descubren muy bien las estrías” (Semenov 1981: 33).

Tanto Keeley (1980) como Masur-Franckomme (1981) trataron de elaborar una tipología de estrías en artefactos de sílex atendiendo a su anchura, profundidad, densidad y aspecto. Se intentó correlacionar los diferentes tipos de estrías con diferentes usos de las herramientas. Posteriormente, Sussman (1988: 14), partiendo de la observación de herramientas de cuarzo, sólo distingue dos tipos de estrías: 1.) estrías estrechas y profundas, en las que no es posible ver el fondo a 200X; y 2.) estrías anchas y superficiales, en las que se puede ver el fondo a 200X. Además, identifica una especie de estrías de mayor anchura, en forma de canales con fondos rugosos paralelos a la dirección del uso, que clasifica como ranuras.

Según otros autores (Hayden y Kamminga 1979; Grace 1989), la utilidad de la determinación de tipos de estrías como criterio para la determinación de la funcionalidad del artefacto es dudosa. La variabilidad de las estrías hace difícil establecer una correspondencia con funcionalidades determinadas. El principal valor diagnóstico de estas huellas se refiere a la dirección del trabajo, por lo que Grace (1989: 56) propone registrar únicamente la dirección de

las estrías en relación al filo.

Mecanismos de formación:

Los mecanismos de formación de estrías no están del todo claros. Según Semenov, “la formación de estrías con aspecto de rasguños, rayas y surcos en herramientas de una piedra tan dura como el sílex, empleada sobre objetos mucho más blandos, tiene lugar como consecuencia de la penetración en los poros del material en elaboración y en la superficie de las herramientas de arenilla” (Semenov 1981: 32). Esta idea se ha puesto en duda, pues parece que la formación de micropulidos en los bordes activos se debe a la disolución más o menos pronunciada de la superficie activa en las áreas de contacto con el material trabajado (dependiendo de factores como la cantidad de agua presente en el material trabajado, etc.). Cualquier partícula que actúe sobre esta superficie en estado de gel, provoca estrías (Masur-Franchomme 1981). Por otra parte, resultados obtenidos en tribología indican que las estrías son resultado de desgastes abrasivos (Adams 1994). Los análisis experimentales realizados por Masur-Franchomme (1981) apuntan, según esta autora, a que las variables más importantes en la formación de estrías son el estado de la superficie, el tipo de contacto y el tamaño de las partículas abrasivas. La velocidad de formación puede ser rápida -se ha llegado a observar estrías incluso tras sólo 60' de utilización de un artefacto experimental-, pero no tiene que ser acumulativa con un uso más prolongado (Sussman 1988). Por su parte, Del Bene (1979) ha constatado que un material más blando puede producir estrías en uno más duro por transferencia de elementos de una superficie a otra. Sin embargo, parece que esta característica es exclusiva del sílex, ya que estos patrones no se han podido reproducir en útiles de cuarzo (Sussman 1988).

Además, cabe tener en cuenta que los procesos post-deposicionales también pueden producir estrías. Estas se pueden distinguir de las causadas por el uso debido a su disposición aleatoria y a su presencia incluso en el centro de los artefactos, alejadas de las superficies activas.

Acción realizada:

El único punto en el que parece haber acuerdo entre todos/as los/as autores/as es en que las estrías son “demostrativas de la dirección del movimiento de la herramienta y de su posición sobre el objeto de elaboración” (Semenov 1981: 14). Según Semenov (1981), las estrías aparecen sobre todo en el trabajo de materiales muy duros y ásperos, como la piedra. Con menor intensidad aparecen en el trabajo de hueso, madera o piel. Estos resultados se han ido modificando en posteriores observaciones. Para Keeley (1980), estrías estrechas y profundas, con un ancho inferior a 2μ , son abundantes en el trabajo del hueso, escasas en el de la piel y muy escasas y cortas en el de la carne y el asta. Estrías anchas y superficiales, con un ancho superior a 2μ , son indicativas del pulido de la madera. El trabajo de la piel produce estrías muy superficiales y anchas de difícil observación, mientras que el pulido de las gramíneas provoca estrías “rellenas”. Por el contrario, según Masur-Franchomme (1981), las estrías son más abundantes en las piezas que trabajan sobre hueso, medianamente abundantes en las que lo hacen sobre madera, y escasas o ausentes en los filos utilizados para trabajar carne o pieles. Para el mismo tipo de tarea, la aparición de estrías es mucho mayor cuando ésta se realiza en

presencia de un agente abrasivo que sin él, y el ancho de la estría varía según la granulometría del abrasivo.

Las ranuras identificadas por Sussman (1988: 13-14) aparecen sobre todo de en artefactos de cuarzo utilizados para el trabajo de la madera (26.8% de los casos) y cornamenta (21.0%), aunque ocasionalmente también pueden aparecer sobre restos vegetales no leñosos, cuero y hueso. En los análisis realizados por Adams (1989a, 1994) con manos y alisadores de arenisca y basalto vesicular aparecen estrías en la molienda de cereal, semillas de girasol y semillas de amaranto, y en el trabajo de arcilla, cerámica y conchas. Estas huellas son escasas en el trabajo de la madera y el hueso.

2.3.1.3. Huellas lineares 2

Aspecto:

Grace (1989: 41) diferencia entre estrías y líneas de pulido, aunque para otros autores se trate del mismo tipo de huella (p.e., Vaughan 1985 las denomina estrías superficiales).

Mecanismos de formación:

Aunque los mecanismos de formación de las líneas de pulido no se comprenden del todo, sí está claro que se trata de procesos diferentes a los que producen las estrías.

Acción realizada:

Al igual que las estrías, las líneas de pulido sólo son indicativas de la dirección de la actividad, por lo que se se ha propuesto registrar únicamente su orientación (Grace 1989: 56).

2.3.1.4. Huellas lineares 3

Aspecto:

Otro tipo de rasgo lineal se ha identificado en las placas (*infra*), detectadas por Hayden (1987) en percutores y en las superficies de picos o hachas de filo desgastado. No se trata de rascadas en superficies lisas, ni de *furrow* o *sleeks*, ni de líneas abrasivas. Estos elementos lineares pueden ser extremadamente difíciles de observar si el tamaño de grano del material es grande o medio y el grado de cohesión entre los granos es bajo (Hayden 1987: 89).

Mecanismos de formación:

Parece que las placas se forman cuando una superficie regular se desliza encima de un material semi-plástico, moldeando placas de forma lineal. En el caso de los picos, los rasgos lineares se forman cuando hay irregularidades en las superficies de los materiales de contacto, que se deslizan encima de los cantos del artefacto y extraen selectivamente granos alineados con puntos elevados en el material (Hayden 1987: 89).

Acción realizada:

Aparece en instrumentos de impacto sobre piedra, concretamente en los utilizados para afilar las superficies de los molinos (Hayden 1987: 89).

2.3.1.5. Pulido

El pulido y su formación posiblemente sea uno de los aspectos más destacados y a su vez

más discutidos del análisis funcional. Junto con las estrías desempeñó un papel primordial en los trabajos pioneros de Semenov (1981). Equivale también a lo que algunos autores han denominado *gloss* (Hayden y Kamminga 1979).

Aspecto:

Se caracteriza por la formación de brillo en las superficies de las herramientas. También se ha definido como la alteración visible de la superficie natural resultante en un incremento de la reflectividad (Grace 1989: 38). El pulido no sólo es característico de las herramientas de sílex, sino también de otros minerales del grupo del cuarzo (ágata, calcedonia, jaspe y otros) (Semenov 1981: 31). También se ha podido observar en instrumentos de basalto (Heyden 1987: 94-96).

Mecanismos de formación:

El mecanismo que da lugar a la aparición del pulido sigue siendo un tema sin resolver, a pesar de haber sido debatido ampliamente. Se ha planteado que la formación de pulido pueda ser el resultado de la alteración de la superficie causada por fricción por medio de abrasión, que produce la incidencia de partículas minúsculas sobre la superficie (Kamminga 1979). En el caso de herramientas de cuarzo utilizadas sobre materiales orgánicos, la aparición de pulidos parece depender de la humedad del material, de la presencia/ausencia de abrasivos y de la dureza del substrato (Sussman 1988: 14-16). Otros autores (p.e., Kamminga 1979) también defienden la importancia de la presencia de humedad para una mayor o menor formación de pulidos en las superficies.

Por otra parte, Nowatzky (1988) ha planteado la posibilidad de que los pulidos observados macroscópicamente no sean los mismos que los que se observan a escala micro. Esta autora diferencia además entre pulidos mecánicos y pulidos mecánico-químicos, como se observa por ejemplo en los dientes de hoz. Mientras que en los pulidos mecánicos se trata de un proceso abrasivo, en los mecanismos químicos parece que se produce un proceso aditivo. Otros autores niegan la posibilidad de una alteración química (Meeks et al. 1982).

Actualmente la hipótesis más extendida procede de la explicación de los pulidos en metales (Rabinowics 1968, en Sussman 1988), que parece poder trasladarse a las rocas. Según este autor, el pulido se forma cuando existe un desprendimiento de moléculas por fricción en los puntos elevados de la superficie de la herramienta, provocando un alisado de la superficie. Se constató una pérdida de peso, que parece corresponder al desprendimiento estimado de material de los puntos elevados. Tradicionalmente se había pensado que el pulido se formaba por calor de fricción que causaría la fundición y extensión del material de los puntos más elevados hacia las zonas bajas, formando una película en la superficie. También en los estudios funcionales algunos autores han planteado que la disolución de la superficie del sílex está relacionada con la cantidad de calor generado por fricción (Anderson 1980 y Mansur-Francomme 1981). Mientras que el fundido nunca se ha podido demostrar en objetos de metal, sí se ha podido observar por difracción electrónica la existencia de una película estructuralmente diferente a la del metal original.

Para artefactos líticos el modelo más completo ha sido presentado por Adams (1989a),

basándose en resultados de la tribología. Según estos, el pulido parece ser producto de un desgaste triboquímico que actúa de forma constante sobre las superficies activas. El calor de fricción, resultado de la liberación de energía por fracturación de los granos, y las sustancias adicionales envueltas en los procesos de fricción (vegetales, pieles, arcilla, etc.) determinan el ambiente de desgaste. También es importante si el material está seco o húmedo, y el ambiente sucio o limpio de otras sustancias. Se trata, por lo tanto, de un proceso interactivo en el que desgastes adhesivos y abrasivos y fatiga de superficie crean el ambiente de interacciones químicas de los mecanismos triboquímicos. Estas interacciones originan productos de reacción, que son las películas y óxidos que se forman en las superficies, visibles como brillo o pulido. Las interacciones triboquímicas ocurren de forma constante y se ven intensificadas por la energía de fricción y por la activación mecánica. Sin embargo, sólo se conservan en la superficie si los productos reactivos pueden formarse sin ser eliminados inmediatamente por los demás mecanismos de desgaste de mayor incidencia. La reducción de la topografía de las superficies es la que, sobre todo, permite la formación de los productos reactivos de manera visible (Adams 1994). Es decir, cuando el poder abrasivo es bajo y las superficies son lisas es más fácil observar brillos. Lo que generalmente observamos es el último mecanismo que ha funcionado sobre una determinada superficie. Es interesante la observación de Adams (1989a) según la cual principalmente materiales aceitosos como semillas, cereal o cuero permiten la formación de estos brillos, ya que encaja con las observaciones en la industria tallada y en el trabajo de esteatita. Además, es interesante la relación planteada entre la formación de pulido y el desgaste diferencial, y contradice el modelo excesivamente simplificado propuesto por Grace (1989), de acuerdo con el cual cualquier material puede producir el mismo pulido; siendo el tiempo de formación el único causante de las diferencias. No se tiene en cuenta que tales pulidos no se pueden formar en según qué materiales, por prevalecer durante su trabajo otros mecanismos que los eliminan.

Acción realizada:

Grace (1989) plantea que la aparición de pulido en las superficies de los útiles, cualquiera que sean sus mecanismos de formación, depende exclusivamente del tiempo de uso, y no del material usado. Simplemente hay materiales que tardan más en pulir la superficie de la herramienta y otros que son más efectivos. Como hemos dicho, este planteamiento no considera el hecho de que sobre la superficie sólo se reflejan las huellas de uso de mayor incidencia, que eliminan a otras.

Hasta el momento sólo se han constatado pulidos en el trabajo de restos orgánicos. La única excepción es el trabajo de esteatita (Delbene y Shelley 1979, cita en Nowatzky 1988). En algunos ejemplos de útiles de roca basáltica de grano fino y de uso abrasivo se observa un pulido lustroso en las superficies pasivas que es resultado del uso prolongado de la herramienta (más de tres meses), y que se forma a causa del contacto de ésta con la piel de la mano (Hayden 1987: 94-96).

Además, Adams (1989a y 1994) constató pulidos en superficies de alisadores que habían trabajado sobre cuero, semillas de girasol y de amaranto, y cereales. Tras el trabajo de hueso

fresco sólo aparece un pulido escaso, lo que confirma que la presencia de grasas es relevante en este proceso, y está ausente en herramientas usadas para triturar arcilla, cerámica, madera, concha y hueso seco.

2.3.1.6. Placas

Se trata de una de las escasas huellas de uso observadas hasta el momento en artefactos macrolíticos, concretamente en picos y percutores de basalto (Hayden 1987:85-96).

Aspecto:

Se presentan en forma de un residuo de color entre marrón y gris adherido a la superficie del artefacto.

Mecanismos de formación:

Aparentemente el polvo de roca, producto de la percusión, se transforma en láminas diminutas de roca reformada debido a procesos micro-metamórficos. La placa se puede eliminar con una aguja de dentista, pero no con productos químicos (p.e., ácido clorhídrico al 30%) u otros métodos de laboratorio. Aun así, su resistencia al paso del tiempo no es buena, debido a que parece que la meteorización sufrida durante algunos meses o años oxida determinados minerales en la zona de contacto entre la placa y el basalto, provocando su desprendimiento.

Acción realizada:

Hasta el momento la formación de placa se ha observado sólo en picos de basalto (Hayden 1987: 85-96).

2.3.1.7. Redondeamiento

Generalmente estas huellas se han descrito como *edge-rounding*. Kay (1977) diferencia además entre *grinding* y *rounding*, mientras que otros autores hablan de *smoothing* y *abrasion* (Brink 1978: 53). También se han utilizado los términos *edge-faceting* y *edge-crushing* (Thompson-Greiser 1977), *dulling*, *blunting* y *polishing* (Nowatzky 1988: 20-21). Cuando una superficie ha sido aplanada o desgastada intencionadamente durante el proceso de elaboración de la herramienta, se habla de abrasión (Sheets 1973).

Aspecto:

El desgaste de los filos tras un uso prolongado produce su redondeamiento. Este es observable incluso a pocos aumentos, por lo que en algunos trabajos de gran aumento no se ha tenido en cuenta. Grace (1989) sugiere diferenciar únicamente entre redondeamiento fuerte y suave, utilizando el tacto como criterio subjetivo. Hayden (1979) determinó este elemento como el tipo de huella característico de los artefactos de roca metamórfica utilizados por los aborígenes de Cundeelee (Australia).

Mecanismos de formación:

Aparece por desgaste de los filos o de las asperezas. Los mecanismos que intervienen parecen ser similares a los del pulido. Hayden (1979: 18) atribuye estas huellas a una ligera abrasión de los filos de artefactos de roca metamórfica.

Acción realizada:

El redondeamiento más pronunciado observado en filos de sílex aparece en el trabajo de materiales duros, como el hueso (Grace 1989). Sin embargo, también se ha observado ocasionalmente en el trabajo del cuero (Keeley 1980). Es posible que el redondeamiento en estos materiales blandos se deba incluso a la presencia de impurezas durante la realización del trabajo más que a las características propias del cuero (Grace 1989: 50). En instrumentos de cuarzo un redondeamiento suave del filo se interpreta como resultado del trabajo de material blando y moldeable (cuero) (Sussman 1988).

Adams (1989a) constató el redondeamiento de los granos de cuarzo en útiles de arenisca tras el trabajo de madera y de hueso.

2.3.1.8. Nivelado

Una de las huellas de uso observadas en útiles abrasivos es el nivelado de los granos de la roca en la superficie.

Aspecto:

Los granos de cuarzo se nivelan y queda eliminada la topografía irregular de la superficie de la roca en estado natural o trabajado. Si se llega a producir la nivelación total aparece un brillo lustroso por triboquimismo (Adams 1989a).

Mecanismos de formación:

En el trabajo de piedra contra piedra los puntos de contacto iniciales son las elevaciones máximas de los granos o los puntos elevados de la estructura cristalina, ya que la dureza de las rocas no permite penetrar en los intersticios, las vesículas o las zonas más bajas (Adams 1994). Parece probable que los procesos que causan el desgaste o nivelado de las superficies de los granos de rocas utilizadas como abrasivos sean similares a los que originan el redondeamiento de los filos.

Acción realizada:

La nivelación de los granos únicamente se ha observado en el contacto de piedra contra piedra, con cualquier tipo de material intermedio (cereal, semillas de girasol y amaranto, arcillas y cerámica) (Adams 1989a).

2.3.1.9. Aspecto escarchado

Aspecto:

Según Adams (1994), el aspecto escarchado de las superficies se caracteriza por la presencia de 1. grietas, 2. fosas, 3. esquirlas, 4. rascadas y 5. partículas sueltas, aunque los rasgos más claros parecen ser la combinación de grietas y rascadas. Hayden (1979:18) habla de aspecto escarchado en relación al redondeamiento de los filos de artefactos metamórficos.

Mecanismos de formación:

La fatiga de la superficie es resultado de la compresión y el estrés repetido sobre las superficies de contacto. La compresión provoca el triturado o la deformación plástica de las asperezas hasta que la superficie es capaz de resistir el peso al que es sometida. El movimiento

en dos sentidos (hacia delante y hacia atrás) origina grietas superficiales, que liberan partículas que después participan en los procesos de fricción. Una superficie de contacto fatigada se caracteriza por la presencia de grietas, fosas y partículas sueltas de una o ambas superficies, lo que le da un aspecto escarchado (Adams 1989a).

Acción realizada:

Adams (1989a, 1994) pudo observar estos rasgos en instrumentos abrasivos para el trabajo de cereal, semillas de amaranto, arcilla y cerámica, así como en otros que habían servido para trabajar conchas.

También Hayden (1979: 18-19) documenta la presencia de granos redondeados y escarchados en los choppers metamórficos australianos. Sin embargo, los mismos elementos se han podido observar también en las superficies de lascas no utilizadas, variando su frecuencia de acuerdo con la composición petrográfica del material. Igualmente, se han descrito apariencias escarchadas en las superficies activas de percutores para el afilado de molinos (Hayden 1987). Los materiales de grano fino con buena cohesión entre los granos siempre presentan un aspecto escarchado, en el que aparecen ocasionalmente fosas o *sheet spall*.

2.3.1.10. Agregados de granos

Aspecto:

Estas huellas consisten en asociaciones de granos que se han desprendido del filo o de la superficie del artefacto dejando una superficie rugosa e irregular (Hayden 1987: 85-96). Según Adams (1994), se trata del rasgo característico del desgaste adhesivo.

Mecanismos de formación:

El desgaste adhesivo comienza cuando dos superficies entran en contacto, aunque no haya fricción. A medida que dos superficies se acercan se produce una unión interfacial que comienza con la atracción entre moléculas. Así se forman uniones que presentan una fuerza adhesiva determinada por la composición química y física de las superficies de contacto. El movimiento entre dos rocas y la rotura del entramado de los granos da lugar a una liberación de energía en forma de calor de fricción y al desprendimiento de material de una o ambas superficies, que puede permanecer suelto entre ellas o fijado en alguna zona (Adams 1994). Cuando estas uniones se rompen quedan fosas, deformaciones plásticas de las asperezas, materia residual de la superficie opuesta, así como partículas sueltas de desgaste de ambas superficies (Adams 1989a, basándose en Czichos 1978). Dependiendo del nivel e intensidad con que se producen estas uniones, el desgaste puede no ser visible salvo a gran aumento.

Acción realizada:

Este elemento se ha observado únicamente en picos de basalto (Hayden 1987:85-96) y en el trabajo abrasivo de huesos frescos (Adams 1994). Posiblemente se produce también con otros materiales, pero desgastes más pronunciados eliminan los agregados de granos.

2.3.1.11. Fosillas

Se trata de un criterio utilizado tanto en trabajos microscópicos (> 50X), como en

descripciones mesoscópicas y macroscópicas.

Aspecto:

Las fosillas son depresiones producidas por el desprendimiento de fragmentos de material de la superficie de la herramienta. Diamond (1979) describió estas características en el sílex, y Sussman (1988) encontró los mismos rasgos en cuarzo. Sussman (1988) observó además fosas con cola de cometa. Son fosas como las anteriores pero que detrás presentan una depresión suave en forma de cola de cometa, y que corren paralelas a la dirección de uso. En cuarzo son visibles a 200X. Keeley (1980: 50) describe un tipo específico de fosillas que denomina *pot-lid fractures*, y que aparecen con especial frecuencia en ítems de sílex utilizados para el trabajo de la piel. Tienen un aspecto circular y supuestamente han sido originadas por el calor generado por la fricción entre el cuero y la herramienta durante el proceso de trabajo. Otros autores no consideran este elemento como relevante para el estudio de las huellas de uso (p.e., Grace 1989).

En artefactos macrolíticos las fosillas se pueden referir, bien a superficies muy irregulares de las que se han desprendido agregados de granos, bien a superficies relativamente lisas en las que se han eliminado granos aislados (Lawn and Marshall 1979). A pesar de que los mecanismos responsables de la formación de ambos tipos de fosas podrían ser diferentes, ambos se producen en las mismas condiciones de contacto en percutores de basalto (Hayden 1987).

Mecanismos de formación:

Las fosillas de escala microscópica parecen producirse cuando una superficie está fatigada después del contacto repetido entre dos superficies que se deslizan una encima de la otra (Diamond 1979).

A pesar de que los mecanismos responsables de la formación de ambos tipos de fosas podrían ser diferentes (Lawn and Marshall 1979), los dos se producen en las mismas condiciones de contacto en percutores de basalto (Hayden 1987). Aparentemente el factor determinante es el tamaño de grano y la cohesión de los granos en las rocas. Granos más gruesos y menos solidificados resultan en el primer tipo de fosas, mientras una granulometría más fina y sólida permite la formación del segundo tipo.

Con respecto a los artefactos abrasivos, Adams (1994) atribuye la formación de fosas, junto con grietas y rascadas, a una de las expresiones físicas de la fatiga de superficie, que da el aspecto escarchado a las superficies activas.

Acción realizada:

Las micro-fosillas se han sido observadas en todos los útiles de cuarzo analizados por Sussman (1988), pero son especialmente abundantes en las herramientas de trabajo de la madera. Sussman sólo detectó fosillas de cola de cometa en cuarzo utilizado para trabajar hueso fresco y cuerno húmedo. En sílex también se han detectado en útiles para cortar hierba (Keeley 1980).

En picos de basalto y en instrumentos para el reafilado de molinos se detectaron fosas a escala mesoscópica (Hayden 1987:85-96). Adams (1989a, 1994) menciona la presencia de

fosas en superficies abrasivas utilizadas para el procesado de cereal, semillas, arcilla, cerámica y concha.

2.3.1.12. Fracturas

En los análisis funcionales se han diferenciado varios tipos de fracturas, aunque no existe una sistematización de uso generalizado. También en este caso cabe diferenciar entre rasgos observables macroscópicamente y otros que se manifiestan a gran aumento.

La aparición de fracturas en filos es conocida como *edge damage*. Consiste en la extracción de pequeños fragmentos del filo del instrumento durante su uso. Han sido objeto de atención sobre todo en los trabajos a pocos aumentos. Según Sussman (1988), el estudio de las fracturas en filos no basta por sí solo para determinar la materia trabajada, y en todo caso sirve para detectar de qué manera se utilizó la herramienta. Los análisis a gran aumento son especialmente importantes para diferenciar materiales duros de materiales blandos.

Aspecto:

Broadent (1979) realizó una de las primeras clasificaciones de tipos de fracturas sobre artefactos de cuarzo, cuyos filos se analizaron a un máximo de 80X:

0: Fractura y desintegración total del filo. Fuerte desgaste de tipo indefinido.

1A: Micromelladuras escamosas o escalonadas en la cara dorsal. Por lo general miden menos de 2mm. Muchas veces las melladuras cortan por debajo del filo y fracturan los puntos inferiores de las crestas del retoque. El desgaste se constata sobre todo en los puntos elevados. Se interpretan como resultado del trabajo sobre materiales duros, fibrosos y heterogéneos (madera)

1: Melladuras dorsales similares a las del tipo 1A, pero sin cortar por debajo del filo y sin fracturas mayores.

1B: Similares a las de tipo 1A, con la diferencia de que en este caso la alteración del filo consiste en la aparición de un fuerte astillado y triturado. La mayoría de los márgenes y proyecciones de las fracturas están embotados. A menudo se pueden distinguir porque son melladuras bifaciales y producen un escalonamiento del borde.

2: Filos sin desgaste aparente. Los canales de retoque permanecen intactos, y los filos, afilados.

2A: El plano dorsal del filo permanece intacto, sin presencia de micromelladuras, pero el filo presenta un suave redondeamiento. A gran aumento (>100X) este desgaste presenta melladuras escamosas y escalonadas, similares a las de 1A.

2B: Parecido a 1A pero con melladuras escamosas de menos de 1mm de tamaño. Estos tipos de fracturas se pueden jerarquizar de menor a mayor grado de desgaste por fracturación del filo desde 2 (sin desgaste) hasta 0 (roto).

Sussman (1988), apoyándose en los trabajos de Keeley (1980), propuso una tipología diferente, con cuatro tipos de fracturas en herramientas de cuarzo:

Melladura escamosa: Se trata de escamas irregulares que se forman cuando la fuerza se aplica de forma aproximadamente paralela a la superficie del útil.

Melladura escalonada: Melladura que termina de forma abrupta con una fractura en ángulo recto, causada por una disipación de la fuerza o por el colapso de la lasca. Suele aparecer después del trabajo de materiales duros, tales como hueso, cuerno o madera.

Melladura en forma de media luna: Estas fracturas están causadas por la aplicación en ángulo recto de una fuerza tensa al filo. Suelen aparecer en filos de ángulos marcados y secciones finas. Las magulladuras se parecen a medias lunas o a pequeños “mordiscos” en el filo. Dejan de producirse en el momento en que el filo se estabiliza después de un periodo de uso inicial.

Triturado: Aparece en ítems utilizados para grabar y perforar. El triturado destruye la estructura del filo pulverizándolo y anulando tanto éste como cualquier otro tipo de huellas que se pudiesen producir.

Recientemente Grace (1989), haciendo referencia sobre todo a artefactos de sílex, propone diferenciar los siguientes tipos de fracturas:

Melladuras concoidales: Se trata de fracturas normales concoidales iniciadas/ producidas por presión o percusión sobre la superficie del filo. El resultado visible es la impronta negativa de la melladura.

Melladuras abruptas: Se trata de fracturas en forma de media luna o de creciente. Se producen cuando el filo de una herramienta se rompe por presión flexible sin dejar melladuras negativas.

Melladuras escalonadas: Se trata de melladuras que terminan de forma abrupta dejando el típico negativo escalonado. Se producen a menudo por una percusión más directa sobre el filo que sobre los laterales de éste, como ocurre en el caso de la fractura en lasca.

Grace (1989: 34) registra la frecuencia de las fracturas macroscópicas, constatando simplemente si ésta es mayor o menor a 5 en un segmento de filo de 10 mm. Supuestamente una frecuencia menor a 5 fracturas se puede explicar por roturas accidentales o retoques, y no sería funcionalmente diagnóstica. A escala micro (200X) se propone registrar la presencia de más o menos de 5 fracturas por 5mm de filo (Grace 1989: 37-38).

Por el contrario, Hayden (1979: 19) ha diferenciado una serie de fracturas en filos de rocas criptocristalinas, que registra diferenciadamente para las escalas de 2-7mm y 0.05-2 mm:

Rotura: Fractura recta que no presenta punto de impacto. Su dirección suele ir de la superficie superior a la inferior en ángulo recto. La fractura no se extiende a las superficies superior e inferior, o sólo lo hace muy ligeramente.

Fractura invasiva: Se trata de una fractura que presenta un punto o área restringida de impacto en el filo del artefacto y que se ensancha en una lasca cada vez más plana a medida que se distancia del punto de impacto. Debido a este estrechamiento progresivo suele ser difícil de observar.

Rotura invasiva: Esta fractura combina las características de las roturas con las de las fracturas invasivas. La fractura se inicia con una rotura para proseguir adentrándose en la superficie de forma invasiva. Tales fracturas suelen presentar amplias áreas de impacto (a diferencia de los puntos de impacto).

Fractura Escalonada: Fractura de impacto puntiforme o de área limitada en el filo, que termina de forma abrupta levantándose hacia la superficie. Este tipo presenta una considerable variabilidad de formas.

Rotura escalonada: Fractura que combina las características de fracturas escalonadas y roturas.

Desintegración: Se trata de una fractura muy angular sin ningún punto o área de percusión discernible y con una topografía astillada. La desintegración siempre aparece en forma de grupos de fracturas, lo que da al filo un aspecto triturado.

Este tipo de fracturas también se ha podido observar en picos de basalto. En ese caso el autor las definió como áreas con numerosas fracturas y *checks* interconectados. Generalmente aparece asociado a fosillas y triturado (Hayden 1987: 89-91).

La forma de contabilizar los tipos de fracturas es variable. Hayden (1987:91-92), en su estudio de picos de basalto para la producción de metates, contabiliza la cantidad de fracturas que aparecen en 2 cm de filo.

Mecanismos de formación:

Todos los tipos de fracturas son resultado de una determinada forma de presión ejercida sobre el filo. La forma y frecuencia de las fracturas dependen del tipo de presión y de la dirección en que ésta se aplica.

Acción realizada:

No existe una relación unívoca entre formación de fracturas en los filos y actividad realizada. Incluso resulta difícil diferenciar las fracturas producidas por uso de las ocasionadas durante la producción del instrumento, por procesos deposicionales, o por formas de almacenamiento arqueológico. Más compleja todavía es la valoración de las fracturas en filos retocados. Según Grace (1989: 37), en muchos casos el análisis de fracturas solo debería realizarse en filos no retocados.

En el estudio de Broadent (1979) se plantea que las micromelladuras escamosas o escalonadas en la cara dorsal (tipo 1A) que aparecen en artefactos de cuarzo corresponden al trabajo sobre materiales duros, fibrosos y heterogéneos (madera). Las melladuras similares pero que además presentan un aspecto astillado (tipo 1B) corresponderían al trabajo sobre materiales muy duros y homogéneos (hueso y cornamenta). Melladuras escamosas de menos de 1 mm de tamaño (tipo 2B) son supuestamente el resultado del trabajo de material irregular (corteza).

En general se acepta que la presencia de fracturas a nivel macro muestra si un filo se ha utilizado o no. La frecuencia de las fracturas puede indicar la dureza del material trabajado, dependiendo de la susceptibilidad del filo al desgaste. El factor más relevante en este sentido es el ángulo del filo. Las fracturas también pueden indicar la dirección de trabajo. Así, por ejemplo, la aparición de melladuras concoidales en una cara del filo indica que el ítem sólo se ha utilizado en una dirección (Grace 1989). Las melladuras abruptas sólo aparecen en filos relativamente estrechos, e indican un movimiento longitudinal, ya que con frecuencia se producen al serrar o cortar con un filo no retocado. El movimiento lateral de la herramienta en

el corte produce una presión flexible que ocasiona este tipo de fracturas. Las melladuras escalonadas están asociadas a movimientos percusivos en el filo, tales como *adzing* o *chopping* (Grace 1989: 48-49).

Hayden (1987: 91-97) vio en la presencia de fracturas escalonadas uno de los rasgos más característicos de los picos de basalto usados para la producción de molinos. La gran mayoría de las microfracturas observables son fracturas escalonadas (más del 90%). Sólo el 5% puede ser identificado como fracturas invasivas. Sin embargo, se debe enfatizar que el grano grueso del basalto hace difícil la identificación de este tipo de fractura de tamaño pequeño. En general resulta difícil apreciar cualquier tipo de fractura menor de 1 ó 2 mm, ya que el tamaño de grano se aproxima a 0.1 mm y las líneas de fractura se guían por los límites de los granos. Las fracturas documentadas suelen medir entre 1 y 8 mm de largo (desde el origen hasta el final). En algunos casos se pueden considerar resultado de procesos de trabajo fracturas incluso mayores. Generalmente se trata de lascas terminadas en escalón (Hayden 1987:91-92).

2.3.1.13. *Checks* :

Aspecto:

Hayden (1987:85-96) diferenció un tipo de fracturas específico en percutores de basalto. Se trata de fracturas alargadas que generalmente corren paralelas al canto trabajado y que presentan forma de V o de cuadrados. Se introduce el término *check* debido a que, en la mayoría de los casos, las huellas no pueden ser denominadas fracturas escalonadas sin extender excesivamente el significado de estas huellas (1987:85-96).

Mecanismos de formación:

Son los mismos que en cualquier tipo de fractura. Su aparición parece depender del material geológico utilizado como percutor.

Acción realizada:

Se observaron y definieron en picos de basalto para el trabajo de la piedra.

Una vez definidos los criterios potencialmente relevantes para un análisis funcional de artefactos macrolíticos, se inició un programa de experimentación que permitiese abordar las diferentes problemáticas técnicas planteadas en torno a los instrumentos líticos del III y II milenio cal. ANE, así como producir un cuerpo empírico de referencia para la determinación de huellas de uso de trabajos conocidos. Estas observaciones permitieron valorar la utilidad de los criterios planteados inicialmente y establecer unas primeras pautas de trabajo para el análisis funcional de materiales macrolíticos.

El programa de experimentación y la observación de huellas de uso se realizó de forma interactiva: tras cada paso del trabajo se describieron las alteraciones registradas sobre las superficies activas de los artefactos líticos utilizados. Sin embargo, con el fin de que el texto resultase más fluido hemos preferido presentar por separado la descripción del proceso de experimentación y las observaciones de huellas de uso, que aparecen al final del capítulo.

2.3.2. Desarrollo de un programa de experimentación

El programa de experimentación se podía realizar de dos maneras diferentes. La primera consistiría en experimentar con toda la variedad geológica sobre todo tipo de posibles materiales trabajados en los asentamientos prehistóricos, desarrollando todas las formas de trabajo posibles, y en documentar las huellas observadas en cada caso. Este procedimiento se planteaba como algo casi infinito, a la vez que poco operativo, pues siempre cabría la duda de si el programa de experimentación había sido lo suficientemente completo y había incluido todas las actividades del pasado como para excluir posibilidades alternativas en la interpretación funcional de las huellas de uso de artefactos arqueológicos. Además, este proceder no se ajustaba a la idea de considerar los artefactos y arteusos no como piezas aisladas con significado propio, sino como parte de un conjunto más amplio. Se sospechaba que muchos ítems fueron utilizados de manera combinada y que en su función se encontraban mutuamente implicados.

Por ello el programa de experimentación se centró en el análisis de la producción y uso de los artefactos de molienda, dada su elevada frecuencia en yacimientos argáricos y el papel central que desempeñan en las sociedades agrícolas para el procesado de material. Además, entre todos los artefactos conocidos de la prehistoria reciente, el molino es el que *a priori* se relaciona con un mayor número de otros tipos de artefactos y arteusos detectables arqueológicamente: picos de preparación del molino, percutores de reavivado de la superficie activa, alisadores para la molienda, cuencos para la recogida de la harina, y las propias semillas, que generalmente aparecen en estado carbonizado o mineralizado. El conocimiento arqueológico generado en torno a estos ítems permitía seleccionar las materias primas apropiadas y fabricar los tipos de artefactos necesarios para el programa de experimentación.

Los materiales utilizados preferentemente para la producción de molinos en la zona de estudio, tanto durante el III milenio como durante todo el II milenio cal. ANE, son el micaesquisto psamítico con o sin granates y el conglomerado. Dacitas, andesitas, areniscas, travertinos, calizas y mármoles sólo se utilizaron de forma minoritaria y esporádica. Además, sabíamos previamente que los molinos se fabricaban a partir de grandes cantos rodados extraídos de los cauces de algunas ramblas (ver apdo. 4.1.), gracias al descubrimiento de algunos de estos cantos sin trabajar o apenas trabajados en las excavaciones de Gatas y Fuente Alamo y al estudio de las superficies pasivas de estos artefactos. La forma y el tamaño de los molinos resulta ser variable tanto entre los yacimientos como dentro de ellos. La cara anversa tiene una importancia especial por ser la superficie activa. Generalmente se considera que su forma es el resultado del desgaste del molino durante la molienda, condicionado por el modo de uso del mismo (véase, p.e., Adams 1993). Por tanto, esta forma indica a su vez la morfología de la superficie activa de la mano, ya que ambas superficies deben acoplarse perfectamente para una molienda más efectiva. La forma dominante durante el II milenio cal ANE es el molino recto o cóncavo en el eje longitudinal y recto o convexo en el eje transversal de la cara anversa (según el sistema de inventario, F.ANV.= RT/CV, RT/RT, CX/CV y CX/RT). Estas morfología de no son las esperadas para molinos de mano, pues el tipo prehistórico más generalizado es el

molino cóncavo en ambos ejes. Sobre todo para el molino de forma convexa en el eje transversal no existen estudios de funcionamiento y efectividad. *A priori*, se consideraría esta forma como poco apropiada, pues los granos de cereal y la harina parecen difíciles de mantener en una superficie CX. Incluso los molinos de superficies anversas rectas resultan menos efectivos que los de superficies cóncavas, ya que se ha constatado el deslizamiento de harina y granos por los márgenes (Adams 1993: 339).

Algunos autores (p.e., Runnels 1981) han dado una gran importancia a las dimensiones de los molinos, asumiendo una correlación positiva entre tamaño y rendimiento. Sin embargo, hasta el momento no se han realizado experimentos ni observaciones etnográficas que confirmasen esta asunción. Como regla general se puede decir que los molinos del segundo milenio miden entre 30 y 40 cm de largo, lo cual entra dentro de lo aceptado normalmente para molinos de mano. Sin embargo, la anchura de los molinos, que generalmente varía entre 15 y 20 cm, sorprende por lo pequeña. La combinación de una anchura reducida con formas convexas resulta aun más sorprendente.

Tanto la cara anversa como las demás caras de los molinos pueden presentar señales de trabajo por percusión. Las mismas huellas se han observado en los grandes cantos rodados que han empezado a trabajarse para la elaboración de un molino. Ello implica el uso de percutores de materiales duros o muy duros en los procesos de trabajo. En excavaciones, como las de Gatas y Fuente Alamo, han aparecido gran cantidad de percutores, para los que se utilizan básicamente cantos de micro-gabro, cuarzo o cuarcita. Meso y microscópicamente muestran una gradación de tipos de alteración de superficies activas que va desde pequeñas fosillas hasta fracturas escalonadas y fractura total del artefacto, lo que indica su aplicación a trabajos intensos. Muchas de las huellas de uso observadas son similares a las descritas por Hayden (1987) en percutores de basalto para la preparación y reafilado de molinos. Por lo tanto, uno de los objetivos del programa de experimentación era comprobar el tipo de fracturas producido en los percutores durante la elaboración y preparación de los artefactos de molienda, así como su idoneidad para este trabajo.

Como se ha indicado anteriormente, la cara anversa de los molinos representa el reflejo en *negativo* de la superficie activa de la mano. En los molinos argáricos y postargáricos la forma recta o ligeramente convexa, pero casi nunca cóncava, del eje transversal de la superficie activa, prueba que las manos tienen que haber sido más largas que la anchura del instrumento de molienda. Ligeros desplazamientos del peso del cuerpo sobre una u otra mano podrían significar un mayor desgaste de los márgenes del molino durante el trabajo, lo que podría explicar la forma convexa de la superficie activa. En cualquier caso, las muelas tienen que haber sido de tamaño mayor a la anchura de los molinos, ya que artefactos más reducidos hubiesen supuesto un desgaste mayor en el centro de los molinos, originando una forma cóncava en la zona central, como es típico en muchos grupos arqueológicos y casos etnográficos. El estudio de Hayden (1987: 190-202) sobre 59 molinos y 59 manos utilizados actualmente en Guatemala muestra que la longitud media de las muelas es aproximadamente 10 cm mayor que la anchura media de los molinos, de modo que ambos artefactos se pueden

utilizar adecuadamente para el procesado de cereal, evitando el roce de los dedos con el molino. Como la anchura media de los molinos estudiados en el presente trabajo oscila entre 17 y 22 cm, cabría esperar que las muelas encontradas en Gatas o Fuente Alamo presentasen una longitud media de c. 27-32 cm. Además, las superficies activas de estas manos de forma alargada tienen que presentar la matrícula F.ANV.= RT/CV, RT/RT, CX/CV o CX/RT para poder acoplarse a las superficies de los molinos. Tanto durante la prospección de los yacimientos como en las excavaciones se ha registrado un elevado número de artefactos con huellas de uso producidas por fricción. Sin embargo, son muy escasos los alisadores que pueden clasificarse como manos según los criterios expuestos. La mayor parte de los artefactos abrasivos son de pequeñas dimensiones, y las superficies activas son predominantemente RT/RT, morfometría que no se acopla a la de la mayoría de los molinos. Además, muchos alisadores están realizados a partir de materiales como el micro-gabro, el cuarzo y la cuarcita, de gran dureza pero de escaso poder abrasivo, al contrario de lo que cabría esperar en manos de molinos. Una posibilidad a tener en cuenta es que los molinos de dimensiones más reducidas pudiesen servir como manos. Sin embargo, su peso y anchura los convierte en poco manejables, y las huellas de uso se extienden en todos los casos documentados hasta los extremos distales y proximales y no se limitan al centro del artefacto, como es de suponer que ocurriría en el caso de que se tratase de muelas que exceden en longitud a la anchura de los molinos.

En principio se plantean dos posibilidades para explicar la ausencia de manos de piedra en los yacimientos argáricos: la primera radica en la dificultad y laboriosidad de la producción de manos adecuadas con las materias primas disponibles. Se ha podido observar que los molinos de esquisto, especialmente los de esquisto moscovítico, alcanzan el límite de uso cuando sus grosores llegan a ser de entre 50 y 60 mm. Es decir, se trata de rocas de fácil fracturación cuando presentan grosores reducidos, especialmente cuando son expuestas a presión intensa, como ocurre con las muelas. Por otra parte, litologías compactas, como los microgabros y las cuarcitas, no presentan un elevado potencial abrasivo e implicarían una elevada inversión de trabajo para producir la forma requerida. La segunda posible explicación de la ausencia de manos de piedra para el procesado de alimentos radica en el hecho de que el producto resultante debe ser mínimamente homogéneo y comestible. Si molinos y manos son de materiales desmenuzables y blandos como el esquisto, se producirá un triturado de la moscovita, efecto que se acentuará por el desprendimiento de granates, un mineral de gran dureza contenido en un 65% de los molinos.

Una posibilidad alternativa es la existencia de materiales más idóneos, sea por razones sociales, económicas o ideológicas, para realizar el trabajo de molienda del cereal. Nuestra hipótesis de trabajo es que se utilizaron manos de madera, ya que es el único material duro que arqueológicamente no se habría conservado, y que potencialmente presenta características idóneas para ser utilizado sobre artefactos de piedra.

El último resto arqueológico relacionado directamente con la actividad de molienda son los productos procesados y sus contenedores. La observación microscópica de molinos

fracturados ha permitido observar ocasionalmente estrías en dirección longitudinal sobre las superficies de desgaste de los granos de mayor dureza (especialmente el granate), mientras que la matriz esquistosa suele presentar evidencias de fatiga y desprendimiento de material. En algunos ítems de micaesquisto granatífero se han podido observar mesoscópicamente (40X) restos orgánicos pulverizados y carbonizados y, en algunos casos, una capa oscura y resistente que cubre la superficie de trabajo. Ello nos hace pensar que la mayoría de los molinos, especialmente aquellos de geología dominante (esquistos y probablemente también conglomerados), sirvieron, al menos en parte, para el procesado de materiales orgánicos por movimientos de fricción en dirección longitudinal. Sin embargo, cabe tener en cuenta, que los molinos, especialmente los de materiales diversos, pueden haber servido para distintos usos, tal como se ha documentado etnográficamente (Horsfall 1987; Hayden 1987; Adams 1988, 1989). Estos estudios muestran cómo, además del procesado de cereal, que en todos los casos es el uso dominante, los molinos sirven para procesar café, azúcar, cacao, pigmentos, sal, especias, raíces, vegetales, pieles, mineral, y como soporte para lavar la ropa. Asimismo, en poblaciones indias de California se ha podido comprobar etnográficamente y por medio de análisis inmunológicos que los molinos se pueden utilizar para el procesado de animales, en forma de triturado de ratones, ratas, lagartos y serpientes (Yohe, Newman y Schneider 1991). Esta variabilidad funcional parece expresarse primordialmente en la materia geológica utilizada y en el tamaño de los artefactos.

Según los estudios carpológicos disponibles para los yacimientos arqueológicos excavados (Castro *et al.* 1994a y b; Sika 1988, 1992; Hopf 1991) parece que durante el periodo calcolítico se procesaba tanto trigo como cebada desnuda, mientras que durante el periodo argárico la cebada es el cereal dominante. Sin embargo, no está claro si el trigo minoritario se procesaba de forma separada, o si simplemente se trata de impurezas en la cosecha de cebada. Con el Post-Argar la importancia del trigo aumenta sin alcanzar los niveles observados en momentos pre-argáricos. También queda abierta la cuestión sobre el posible triturado de habas. El almacenamiento de estas legumbres en la casa absidal de Gatas (2000-1750 cal ANE), donde también aparecieron gran número de molinos, sugiere esta posibilidad. En cualquier caso, también las legumbres son minoritarias en cuanto a taxones carpológicos con respecto a la cebada. La necesidad de contar con contenedores antes y después del procesado del cereal es otro elemento a tener en cuenta. En este sentido interesaría contrastar, por medio del análisis contextual de los pisos de hábitat, la asociación entre artefactos de molienda y cuencos de pequeñas dimensiones, necesarios para recoger la harina procesada.

Una última implicación, aunque no se relacione estrictamente con el campo de lo artefactual, son las deformaciones físicas que deja la actividad de molienda en las personas (véase, p.e., Molleson 1989). Tales deformaciones son considerables si se tiene en cuenta que generalmente este trabajo es diario y se prolonga durante varias horas según la cantidad de cereal que se pretenda procesar. Hay que tener en cuenta que el tiempo de trabajo requerido para alimentar a un grupo familiar es de un mínimo de tres horas diarias cuando la molienda de cereal se realiza con molinos y manos de basalto vesicular (Horsfall 1987: 348). El uso de

materiales geológicos menos efectivos (como es el caso del micaesquisto granatífero o del conglomerado usados en Gatas), así como el número de personas a las que hay que alimentar influyen decisivamente en el tiempo de trabajo. Las consecuencias físicas de este esfuerzo se pueden observar antropológicamente, aunque este tema no será desarrollado en este trabajo.

En consecuencia, un tema frecuentemente considerado de poco interés y de gran simpleza, como el de la molienda, implica la reflexión sobre toda una serie de artefactos y arteusos, así como problemáticas que pueden ser abordadas por un trabajo de experimentación y que deberían ser sometidas a análisis funcional en un sentido amplio (estudios de las huellas de uso, de residuos químicos sobre las superficies de trabajo, contextuales y antropológicos). A partir de estos planteamientos, los objetivos prioritarios del programa de experimentación desarrollado fueron:

1. Localizar las áreas fuente de las materias primas utilizadas (en combinación con el análisis petrológico descrito más arriba) y evaluar la facilidad de localización de materia prima adecuada para la producción de molinos, percutores, etc.

2. Documentar la producción de molinos a partir de cantos de diferente geología y utilizando diferentes tipos de percutores.

3. Comparar la efectividad y productividad de la molienda con molinos de diferente geología, forma y tamaño.

4. Comparar la efectividad y productividad de la molienda con manos de forma y materiales diversos, con especial atención a la posibilidad de que se utilizase madera para el procesado de cereal.

5. Comparar la efectividad y productividad de la molienda utilizando diferentes posturas durante el trabajo.

6. Evaluar las diferencias entre la molienda del trigo y de la cebada.

7. Documentar y describir las huellas de uso observadas en todos los pasos del programa de experimentación.

2.3.3. Presentación del trabajo realizado

2.3.3.1. Obtención de la materia prima

En el apartado 4.2. se desarrollará en detalle el trabajo realizado para determinar la áreas fuente de las materias primas explotadas por las comunidades de Gatas y Fuente Alamo. Desde un punto de vista estrictamente petrológico basta con identificar las materias primas existentes en los diferentes afloramientos analizados. Sin embargo, desde la perspectiva experimental se trata además de localizar el recurso idóneo para la producción de las herramientas. Factores como la forma, la textura o la alteración de las rocas desempeñan un papel importante a la hora de seleccionar el material.



Foto 2.1: Cantos rodados de conglomerado y de esquistó psamítico con y sin granates extraídos del río Almanzora.

Algo aparentemente tan simple como encontrar un canto de esquistó psamítico con granates en el amplio lecho del “río” Almanzora resulta bastante más difícil de lo imaginado en un principio. La mayoría de los cantos muestran formas demasiado irregulares, o dimensiones que no se ajustan a los valores conocidos para molinos, o presentan una densidad de granates demasiado alta, o los granates son demasiado grandes, o las rocas están atravesadas por vetas de cuarzo, o presentan líneas de fractura. En el programa experimental aquí expuesto se empleó casi una mañana (4 horas) recorriendo dicha rambla para obtener un canto de esquistó psamítico apropiado para la producción de molinos. La mayoría de los cantos de gran tamaño que luego se utilizaron para realizar el programa de experimentación fueron encontrados en la gravera cercana a Villaricos (desembocadura del Almanzora), donde estos grandes cantos rodados son separados del resto de grava y acumulados en montículos que resultaron ideales para la selección de materia prima idónea. Una de las dificultades básicas a la hora de encontrar materiales de este tipo es la relativa escasez de cantos rodados de grandes dimensiones en el mismo lecho del río. Desconocemos cuáles eran las condiciones de visibilidad en la zona aluvial del Almanzora, que dependen tanto del tipo de vegetación como del caudal de agua que llevara el río. Las subidas y bajadas estacionales, al aportar nuevos materiales y dejar al descubierto otros, pueden haber sido importantes para la apropiación antrópica de estos clastos. En cualquier caso, el acceso a los grandes cantos no es tan directo como se podría pensar. El grado de especialización que requeriría esta actividad depende sin duda alguna de la necesidad existente en los yacimientos de obtener materias primas.

Otro material difícil de encontrar en las formas y dimensiones adecuadas para su uso como alisadores y/o percutores son cantos rodados de cuarzo y cuarcita. Al tratarse en muchos casos

de materiales procedentes de cuarzos filonianos, su desgaste simétrico parece difícil, y suelen presentar fuertes aristas que las hacen poco aptas para su manejo como artefactos. El caso de los micro-gabros es similar, aunque presentan una mayor tendencia al redondeamiento en los cauces fluviales y glaciales.

Por el contrario, la explotación potencial de cantos rodados de mármol, metapsamitas, pizarras o areniscas no presenta dificultades, debido a que la menor dureza de estos materiales permite un mayor redondeamiento de los cantos.

2.3.3.2. La elaboración de las herramientas de trabajo

Mientras los cantos de pequeñas dimensiones no necesitaban de ningún tratamiento para ser operativos y ajustarse a los patrones prehistóricos estudiados, los grandes clastos debían ser trabajados al menos en una de las caras con el fin de obtener una superficie activa para la molienda. Las superficies lisas naturales observadas en muchos molinos indican que se pretendía evitar todo esfuerzo innecesario en la elaboración de estos artefactos, seleccionando cantos cuyas formas naturales fuesen lo más ajustadas posible.

En total se fabricaron tres molinos a partir de distintos materiales y con formas ligeramente diferentes, pero dentro de la variabilidad *normal* documentada en los molinos argáricos. Para ello se utilizaron como percutores dos cantos rodados de micro-gabro de diferente tamaño y dimensiones (véase la tabla 2.2 para los datos analíticos). En ambos casos se trata de instrumentos manejables con una sola mano, al igual que los percutores encontrados en los yacimientos prehistóricos. No excluimos la posibilidad de que se utilizasen picos de dos manos para la producción de molinos, como documenta Hayden (1987), pero, en cualquier caso, este tipo de artefactos es muy escaso en los asentamientos conocidos. Utilizando percutores de tamaños reducidos se pretendía constatar si realmente son útiles para la producción de molinos, y si esta actividad pudo realizarse en el interior del asentamiento.

Para la obtención de una superficie activa en el canto rodado 1 (PMO-1), de esquisto psamítico, se emplearon 65'. Durante el primer proceso de desbastado de la cara anversa del canto se utilizó el percutor más grande (PEC-1) durante 50'. En este tiempo se rebajó el grosor del canto de 73 mm a 62 mm por medio de un golpeado perpendicular y en diagonal con respecto a la superficie trabajada. El producto secundario más visible eran esquirlas con tamaños medios de 20 y 30 mm de largo, además de gran cantidad de granos de mineral (dominantemente moscovita) pulverizados. Después se continuó el trabajo con el percutor más ligero (PEC-2) durante otros 15', reduciendo nuevamente el grosor del canto hasta 57 mm. Realizando un golpeado en ángulo con la superficie parecía obtenerse un mayor rendimiento. Sorprendió comprobar que la efectividad del trabajo con el segundo percutor no parece ser menor, seguramente debido a que, con el percutor más pesado, el ritmo de golpeado es más lento. Las huellas de desgaste producidas en todos los artefactos implicados en el programa de experimentación se describen en el apartado 2.3.4..

ITEM	Actividad	MAT	GRA	F.ANV.	F.REV.	F.SUP.	F.INF.	F.DER.	F.IZQ.	LON.	ANC.	GROS.
PMO-1	canto natural	ESM		CX/CX	CX/CX	CX/CX	CX/CX	CX/CX	CX/CX	330	165	73
PMO-2	canto natural	CGL		CX/CX	CX/CX	CX/CX	CX/CX	CX/CX	CX/CX	365	175	95
PMO-3	canto natural	MEG		CX/CX	CX/CX	CX/CX	CX/CX	CX/CX	CX/CX	395	183	88
PEC-1	50'perc.	DIO		RT/RT	CX/RT	CX/CX	CX/CX	CX/CX	RT/RT	121	82	58
PEC-2	15'perc.;5'fric.	BAC		IR/IR	RT/RT	AG/CX	CX/CX	RT/RT	IR/RT	100	71	48
MOL-1	=PMO-1; 65'perc.	ESM		CX/RT	CX/CX	CX/CX	CX/CX	CX/CX	CX/CX	330	165	57
MOL-2	=PMO-2; 73'perc.	CGL	20;1	CX/CV	CX/CX	CX/CX	CX/CX	CX/CX	CX/CX	365	175	85
MOL-3	=PMO-3;70'perc.	MEG	12;1	RT/RT	CX/CX	CX/CX	CX/CX	CX/CX	CX/CX	382	187	80
PEC-1	73'perc.	DIO		RT/RT	CX/RT	CX/CX	CX/CX	CX/CX	RT/RT	107	75	55
PEC-2	40'perc.	BAC		IR/IR	RT/RT	AG/CX	CX/CX	RT/RT	IR/RT	99	71	48
MOL-1	>150'fric.	ESM		CX/RT	CX/CX	CX/CX	CX/CX	CX/CX	CX/CX	330	165	55
MOL-2	>150'fric.	CGL	20;1	CX/CV	CX/CX	CX/CX	CX/CX	CX/CX	CX/CX	365	175	82
MOL-3	>150'fric.	MEG	12;1	RT/RT	CX/CX	CX/CX	CX/CX	CX/CX	CX/CX	382	187	78
MOL-FA-1		CGL	25;1	CX/CV	CX/RT	CX/CX	CX/CX	CX/CX	CX/CX	338	180	54
MOL-FA-2		MEG	11;1	CX/CV	CX/RT	CX/CX	CX/CX	RT/RT	CX/CX	371	159	51
ALS-1	11'fric.	MPC		RT/RT	CX/RT	CX/CX	RT/CX	RT/RT	RT/CX	165	72	49
ALS-2	10'fric.	MPC		CX/RT	CX/RT	CX/CX	CX/CX	CX/CX	RT/CX	102	64	24
ALS-3	30'fric.	MEG	6;1	RT/RT	CX/RT	CX/CX	CX/CX	CX/CX	RT/CX	138	73	31
RODILLO	>150'fric.	OLIVO		CX/CV	CX/RT	RT/RT	RT/RT	RT/CX	RT/CX	360	54	54
RODILLO	>150'fric.	ROBLE		CX/RT	CX/RT	RT/RT	RT/RT	RT/CX	RT/CX	382	43	43
TRONCO	>150'fric.	ALM		CX/RT	RT/RT	RT/RT	RT/RT	RT/CX	RT/CX	304	122	65

ITEM	U.ANV.	U.REV.	U.SUP.	U.INF.	U.DER.	U.IZQ.	M.ANV.	M.SUP.	M.DER.	CV.	CX.	PESO
PMO-1	LI	LI	LI	LI	LI	LI						
PMO-2	LI	LI	LI	LI	LI	LI						
PMO-3	LI	LI	LI	LI	LI	LI						
PEC-1	LI	LI	GO	LI	LI	LI		45/22				800
PEC-2	LI	LI	GA	LI	LI	LI		18//5				450
MOL-1	TR	LI	LI	LI	LI	LI	295/140					
MOL-2	TR	LI	LI	LI	LI	LI	320/145					
MOL-3	TR	LI	TR	TR	PU	LI	345/167					
PEC-1	LI	LI	GO	LI	LI	IR		54			S/9	680
PEC-2	LI	LI	GA	LI	AL	LI		45/9	49/42		S/5	450
MOL-1	AL	LI	LI	LI	LI	LI					A/3	
MOL-2	AL	LI	LI	LI	LI	LI				A/10	A/3	
MOL-3	AL	LI	TR	TR	PU	LI						
MOL-FA-1	AL	LI	LI	LI	LI	LI	324/178			A/8	A/7	
MOL-FA-2	AL	LI	LI	LI	TR	TR	357/151			A/15	A/5	
ALS-1	AL	LI	LI	LI	LI	LI	128/48					990
ALS-2	RA(CV/RT)	LI	LI	LI	LI	LI	51/30					250
ALS-3	AL	LI	LI	LI	LI	LI	135/60					475
RODILLO	AL	PU	TR	TR	PU	PU	190/28					725
RODILLO	AL	PU	TR	TR	PU	PU	160/27					500
TRONCO	AL	TR	TR	TR	PU	PU	190/59					1300

Tab. 2.2: Descripción de las principales variables morfométricas y morfotécnicas de arteusos y artefactos utilizados en el programa de experimentación.

En la preparación del segundo molino a partir de un cascote de conglomerado (PMO-2) se emplearon 63'. Debido a la dificultad de trabajo que presentaba este material sólo se pudo utilizar el percutor 1, haciéndolo incidir sobre la superficie de forma perpendicular. Después de este periodo sólo se consiguió reducir el grosor del canto de 95 mm a 85 mm, aunque ello resultaba suficiente para obtener un molino operativo gracias a la forma adecuada del cascote inicial. El conglomerado es el material más duro de trabajar de los tres empleados, y sólo es

alterable por medio de la pulverización de sus guijarros y del cemento que los contiene. Por ello resultan más adecuados percutores con grandes superficies activas. Una percusión más intensa o con percutores más pesados sólo produce la fracturación de la piedra, como fue el caso de otro canto rodado de conglomerado. La razón de este comportamiento se encuentra en la estructura de la roca, que no es planar ni planolinear, como ocurre con los esquistos, sino heterogénea debido a los diferentes tipos de guijarros que la componen, cuyos tamaños suelen variar considerablemente en un mismo bloque. Estas características parecen explicar la predilección por la utilización de micro-conglomerados compuestos por guijarros de tamaño medio (1-5 mm) más o menos homogéneos. El único producto secundario del trabajo del conglomerado es un polvo fino y, ocasionalmente, pequeñas partículas enteras desprendidas del cemento, pero en ningún caso esquirlas, como ocurre con los esquistos.

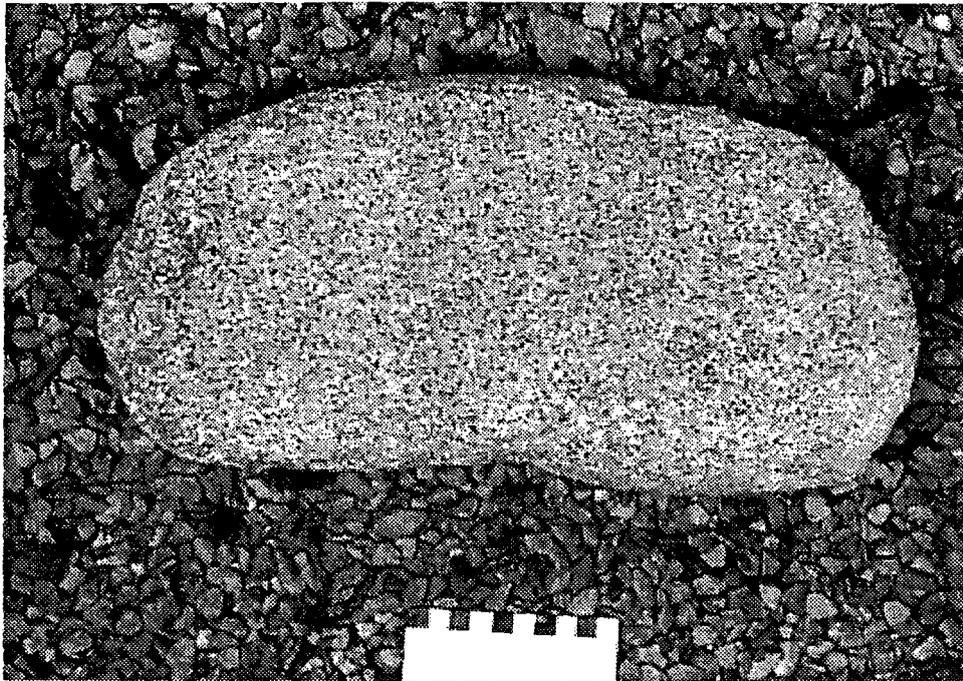


Foto 2.2: Molino experimental nº 3.

En la preparación del tercer molino de micaesquisto granatífero se emplearon 70'. Debido a las irregularidades del cascote original fue necesario trabajar también la parte superior e inferior. Durante los primeros 30' se utilizó el percutor 1, y el percutor 2 durante los 40' restantes. Al igual que durante la fabricación del primer molino, no se observaron diferencias en la efectividad de ambos percutores. Debido a la mayor proporción de moscovita en la roca utilizada para el tercer molino, su trabajo resultaba mucho más fácil, resultando en una gran cantidad de polvo con granates sueltos y algunas lascas irregulares.

En definitiva, estas experimentaciones muestran que la producción de un molino no es laboriosa, y que no requiere mucho tiempo. Un resultado imprevisto es que, en términos de tiempo invertido, es mucho más costosa la explotación de la materia prima y su transporte al

asentamiento que la transformación de los cascotes. Si además consideramos que la vida de uso de un molino en una unidad doméstica simple es de varios años, los trabajos de producción se convierten en insignificantes. La valoración y organización social del trabajo de apropiación y transformación de los recursos naturales en cada asentamiento dependerá de la cantidad de cereal a procesar por unidad de tiempo. En cuanto a las manos, se prepararon varias, tanto de piedra como de madera.

En los diferentes afloramientos prospectados se recogieron cantos de microgabro, cuarcita, rocas metapsamíticas con y sin granates, pizarra y mármol como los utilizados por las comunidades prehistóricas. Los alisadores que, por su forma y dimensiones, tenían más probabilidades de haber funcionado como manos en los asentamientos del III y II milenio parecen haber sido cantos con cara anversa y/o reversa recta, de más de 10 cm de longitud y con un soporte de roca metaspamítica.

Como manos se prepararon una serie de ramas de madera seca de diferentes especies. Se seleccionaron maderas de pino, encina, roble, olivo y almendro por poseer características similares a las maderas presentes en los yacimientos y con el fin de obtener resultados comparativos acerca de la utilidad de cada especie como manos. Al principio se elaboraron muelas de forma parecida a un rodillo, similares a los artefactos de piedra utilizados hoy día por las comunidades indias de Mesoamérica. Después de los primeros intentos de molienda se excluyó el pino por presentar un desgaste demasiado elevado y se prepararon manos de formas diferentes. Se consideró que con una superficie activa más ancha la molienda sería más efectiva. Para ello se tomó un tronco de almendro de unos 130 mm de Ø, que se dividió longitudinalmente en dos partes. En contra de lo esperado, el trabajo con este artefacto utilizando la cara plana como superficie activa resultaba casi imposible, pero nos permitió darnos cuenta de que la molienda con la cara convexa del medio tronco resultaba la alternativa más cómoda y aparentemente más efectiva de todas las que se han experimentado, como se verá más adelante.

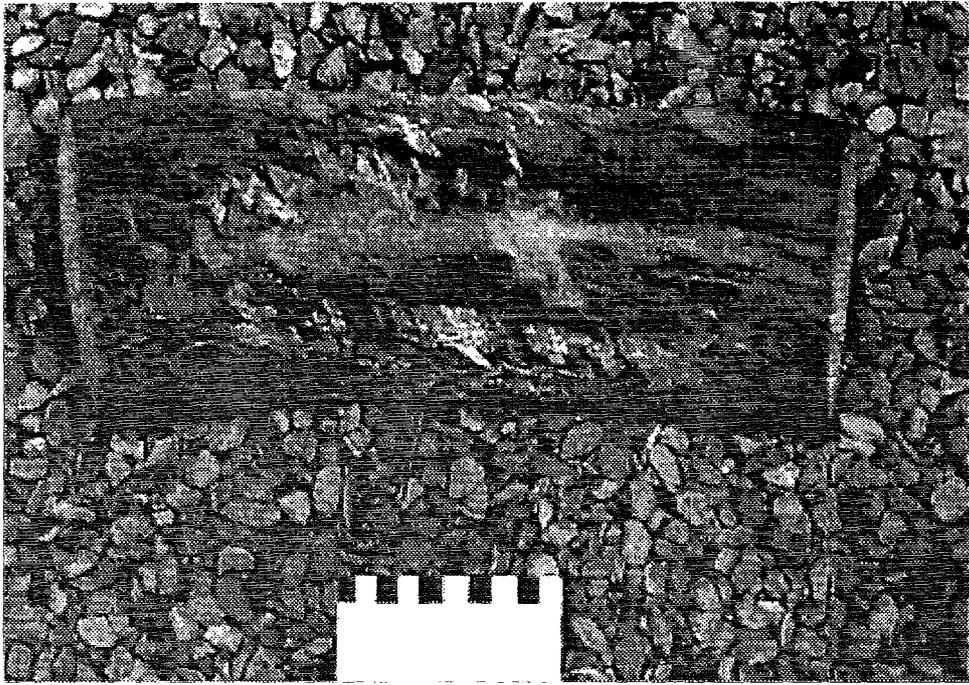


Foto 2.3: Mano de madera elaborada a partir de un tronco de almendro.

Uno de los artefactos líticos que *a priori* también se había puesto en relación con las actividades de molienda era un tipo de alisador con ranura ancha que atraviesa en diagonal la cara anversa y/o reversa (ALS/APE-CRN). Las materias primas seleccionadas - rocas psamíticas esquistas, esquistos moscovíticos y areniscas - se caracterizan por su elevado poder abrasivo en comparación con otros materiales geológicos. Algunos alisadores australianos descritos en la bibliografía (McCarthy 1976: 61-62) presentan las mismas huellas de uso que las observadas en Gatas. Se trata de instrumentos utilizados para pulir superficies redondeadas de armas de madera y otros objetos, como muelas. Su aparición en el corte 39 Fuente Alamo junto a una pila de molinos y la forma CV/CX de la superficie activa hacen pensar que se podría tratar de artefactos para pulir las posibles manos de madera. Utilizamos cantos rodados de material y forma adecuada para comprobar esta posibilidad. Se pudo observar el potencial abrasivo de estas rocas, especialmente en relación a otros tipos de piedra utilizadas, comparable a un papel de lija medio-fino en la actualidad. Sin embargo, aun después de 30' de trabajo la piedra apenas había sufrido desgaste, y las huellas de uso no se ajustaban a las observadas microscópicamente en los ejemplares arqueológicos. Por ello se consideró la posibilidad de que fuesen resultado de la fricción de piedra contra piedra. En sólo 6 minutos de fricción sobre el lateral convexo del molino 3 se obtuvo un ejemplar idéntico a los registrados arqueológicamente. Sin embargo, la baja frecuencia con que estos artefactos aparecen en los asentamientos excluye la posibilidad de que se trate de un artefacto para preparar las superficies no activas de los molinos. Por el elevado desgaste material cabría encontrar abundantes ejemplares fracturados y desechados en el yacimiento. Además, tal actividad no originaría una ranura tan estandarizada como las documentadas arqueológicamente (L=c.80mm; A=c.30mm,

Prof=2-3mm). Por ello planteamos que estas ranuras no son resultado del uso (la vida útil de tales artefactos no llegaría a los 60' según el ritmo de desgaste observado), sino que se trata de artefactos elaborados de una forma determinada para cumplir una función específica, como podría ser el pulido de objetos de madera y, en concreto, el acabado de las manos de este material.

2.3.3.3. La molienda del cereal

Al contrario de lo que se podría pensar en un principio, el procesado de cereal con molinos de mano ofrece una variedad de posibilidades técnicas, y representa un proceso de trabajo relativamente complejo, según se desprende de los estudios etnográficos. Los factores que intervienen son múltiples y no parece haber una manera única de realizar una molienda "efectiva", ya que depende no sólo de los condicionantes técnicos y las necesidades nutritivas, sino también de la situación socio-económica en la que se realiza esta actividad. Las principales variables técnicas evaluadas durante el trabajo de experimentación quedan reflejadas en la tabla 2.3., y son los siguientes:

1. El primer factor que cabe tener en cuenta es la postura del trabajador o de la trabajadora durante la molienda (POST.). Por los ejemplos etnográficos conocidos parecen adoptarse, bien una postura en cuclillas (CUC.), detrás del molino situado en el suelo, o bien de pie (De P.), con el molino apoyado sobre una mesa. En ocasiones, los molinos se colocan ligeramente inclinados, situando el extremo más elevado hacia la actora o el actor. En el programa de experimentación hemos operado en ambas posturas.

2. El segundo factor es el peso y la fuerza de la persona que interviene en el trabajo, sobre todo en el triturado inicial de los granos de cereal. Se trata de un trabajo que no requiere una fuerza puntual muy elevada, sino un esfuerzo continuo durante un tiempo prolongado. Las posibilidades técnicas deben asegurar sobre todo que se pueda llevar a cabo un trabajo de estas características. En cada caso se registró la persona que realizó la experimentación.

3. Uno de los aspectos más decisivos en el proceso de molienda es el material geológico del molino (MAT.MOL.). Los parámetros petrológicos que intervienen se han discutido más arriba (ver apdo. 2.2.), pero resulta interesante observar que muchas comunidades actuales se especializan en un tipo de roca para realizar la función dominante del molino, es decir, la molienda de cereal. Por lo tanto, la funcionalidad de estos artefactos puede estar representada por el material geológico. Este problema de la variabilidad geológica y funcional de los molinos se discute más en detalle en el capítulo 3.

4. De similar importancia es el material utilizado para las manos (MAT.MANO), pues no sólo hay que garantizar que el elemento fijo y el móvil se acoplen, sino que ambos deben producir un tipo de fricción que provoque un triturado adecuado al tipo de harina que se pretenda obtener. Se han utilizado alisadores de piedra (PIE.) de diferentes litologías, y maderas en formas de rodillo (ROD.) y de medios cilindros (TRO).

5. Además, se contabilizó el número de veces que se pasaba el mismo grano por la superficie del molino (PAS.), ya que nunca quedaba totalmente convertido en harina con un

solo proceso de trabajo. Tales repeticiones de la molienda no son imprescindibles, puesto que el sobrante del grano no transformado en harina (aquí denominado “salvado” en general) se puede utilizar para otros fines, como por ejemplo, alimento para los animales. El grado de aprovechamiento del grano como harina dependerá de factores sociales y económicos.

6. Durante el trabajo de experimentación se observó que la rugosidad o aspereza de la superficie activa del molino podía ser un factor importante a tener en cuenta durante el proceso de molienda (SUP.MOL). Una superficie excesivamente rugosa (RUG.), como resultaba del proceso de elaboración del molino por percusión, no parecía más efectiva que una superficie lisa (LIS.). Por ello se realizaron pruebas con superficies activas con un grado de nivelación de c. 65%, y rugosas.

7. Además (TIPO), no sólo se utilizaron los tres molinos producidos de forma experimental (EXP), sino también otros dos recogidos en superficie en Fuente Alamo (ARQ). Con ello se pretendía comprobar si los resultados entre ambos eran comparables y si los ejemplares experimentales se acercaban técnicamente a sus paralelos prehistóricos.

8. Se realizaron pruebas con trigo (TRI) y cebada vestida (CEB) actuales (CER.). Cabe plantearse si los resultados obtenidos cambiarían utilizando la cebada desnuda prehistórica de Almizaraque o la semi-desnuda de Gatas.

N°EX.	MAT.MOL.	TIPO	POST.	SUP.MOL.	MAT.MAN.	CER.	PAS	MIN.	HAR	SAL	HAR./MIN	HAR./SAL
1	ESM	EXP	CUC	RUG.	ROD.	TRI	3	165	151	50	0,915	3,02
2	CGL	EXP	CUC	RUG.	PIE.DIO	TRI	3	43	43	19	1	2,263
3	MEG	EXP	DE P.	RUG.	PIE.MEG	TRI	2	22	72	5	3,273	14,4
4	MEG	EXP	DE P.	RUG.	PIE.MPS	TRI	2	22	100	48	4,545	2,083
5	MEG	EXP	DE P.	RUG.	TRO.	TRI	2	20	76	46	3,8	1,652
6	CGL	EXP	CUC	RUG.	TRO.	TRI	1	14	40	48	2,857	0,833
7	MEG	EXP	CUC	RUG.	ROD.	TRI	2	25	72	53	2,88	1,358
8	ESM	EXP	DE P.	RUG.	TRO.	TRI	2	20	63	37	3,15	1,703
9	MEG	EXP	DE P.	LIS.	PIE.MPS	TRI	2	15	75	48	5	1,562
10	MEG	EXP	DE P.	LIS.	TRO.	TRI	1	11	65	67	5,909	0,97
11	MEG	EXP	DE P.	LIS.	TRO.	TRI	2	16	106	24	6,625	4,417
12	MEG	EXP	DE P.	LIS.	TRO.	TRI	3	19	117	10	6,158	11,7
13	MEG	EXP	DE P.	LIS.	TRO.	TRI	4	22	120	7	5,455	17,143
14	MEG	EXP	DE P.	LIS.	PIE.MPS	TRI	3	18	105	25	5,833	4,2
15	MEG	EXP	DE P.	LIS.	ROD.	TRI	1	10	45	68	4,5	0,662
16	MEG	EXP	DE P.	LIS.	ROD.	TRI	2	17	78	35	4,588	2,229
17	MEG	EXP	DE P.	LIS.	PIE.MPS	TRI	4	21	118	12	5,619	9,833
18	CGL	EXP	CUC	LIS.	TRO.	TRI	1	9	43	40	4,778	1,075
19	CGL	EXP	CUC	LIS.	TRO.	TRI	2	13	65	17	5	3,824
20	ESM	EXP	CUC	RUG.	ROD.	TRI	2	10	41	15	4,1	2,733
21	ESM	EXP	CUC	RUG.	TRO.	TRI	1	10	53	52	5,3	1,019
22	ESM	EXP	CUC	RUG.	TRO.	TRI	2	14	77	28	5,5	2,75
23	ESM	EXP	CUC	LIS.	TRO.	TRI	1	9	45	47	5	0,957
24	ESM	EXP	CUC	LIS.	TRO.	TRI	2	13	67	25	5,154	2,68
25	CGL	ARQ	DE P.	LIS.	TRO.	TRI	1	9	43	40	4,778	1,075
26	CGL	ARQ	DE P.	LIS.	TRO.	TRI	2	12	65	18	5,417	3,611
27	MEG	ARQ	DE P.	LIS.	TRO.	TRI	1	4	26	27	6,5	0,963
28	MEG	ARQ	DE P.	LIS.	TRO.	TRI	2	6	41	12	6,833	3,417
29	CGL	ARQ	DE P.	LIS.	PIE.MPS	CEB	1	6	14	26	2,333	0,538
30	CGL	ARQ	DE P.	LIS.	PIE.MPS	CEB	2	10	22	18	2,2	1,222
31	CGL	ARQ	DE P.	LIS.	TRO.	CEB	1	6	22	21	3,667	1,048
32	CGL	ARQ	DE P.	LIS.	TRO.	CEB	2	9	32	11	3,556	2,909
33	MEG	ARQ	DE P.	LIS.	TRO.	CEB	1	5	24	23	4,8	1,043
34	MEG	ARQ	DE P.	LIS.	TRO.	CEB	2	8	34	13	4,25	2,615
35	MEG	EXP	DE P.	LIS.	TRO.	CEB	1	6	25	26	4,167	0,962
36	MEG	EXP	DE P.	LIS.	TRO.	CEB	2	9	36	15	4	2,4

Tabla 2.3: Descripción de las condiciones de trabajo y de los resultados en diferentes experimentos de molienda de cereal.

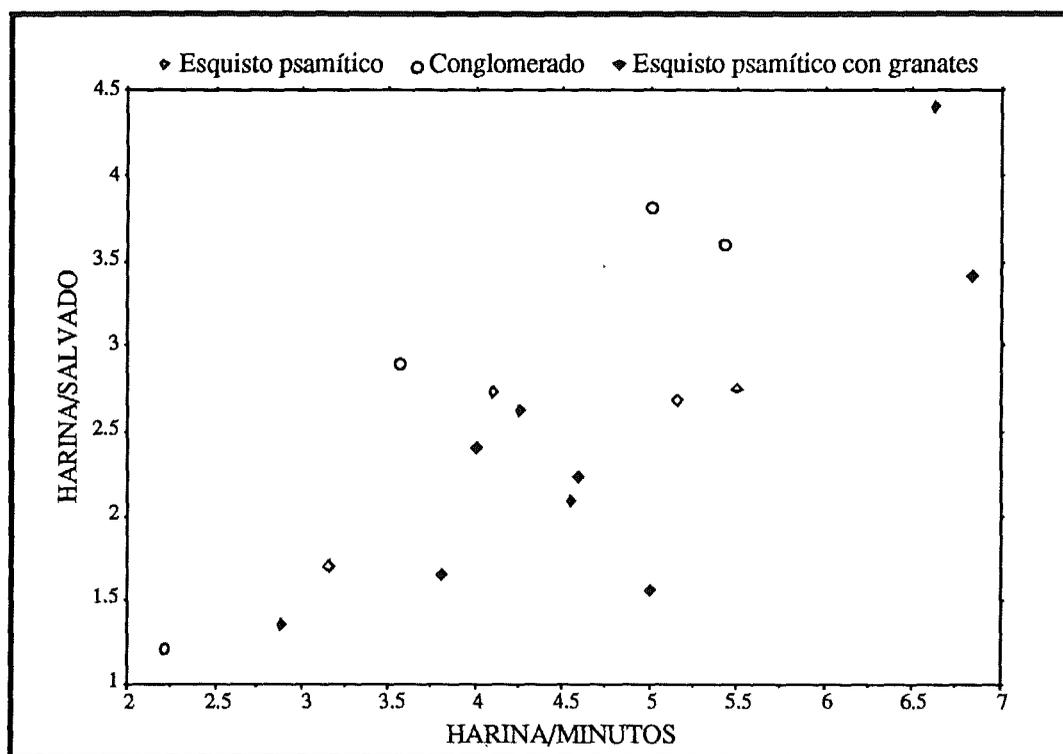
Los resultados de las diferentes pruebas experimentales aparecen en la tabla 2.3. Dos índices permiten evaluar desde un punto de vista técnico la efectividad lograda en los procesos de molienda. El primero se refiere a la cantidad de harina procesada en un lapso de tiempo determinando, es decir, el rendimiento del trabajo, y se representa por la ecuación *rendimiento del trabajo = cantidad de producto/tiempo de trabajo*. El segundo parámetro es el aprovechamiento del grano, y se representa por la ecuación *aprovechamiento del grano =*

cantidad de producto/cantidad de desecho. Un tercer índice, el agotamiento físico, sólo es mensurable por la subjetividad del/de la experimentador/a, aunque no por ello resulta menos evidente e importante en la vida real. Es imposible establecer cual de los dos parámetros cuantitativos tuvo mayor importancia en una comunidad o unidad doméstica determinada sin conocer el sistema socio-económico en el que se inserta. Factores como el volumen de grano cosechado, la producción excedentaria impuesta, la organización social de la producción, la estructura doméstica o el sistema de distribución determinan la elección de las tecnologías disponibles para obtener uno u otro tipo de efectividad. El programa de experimentación únicamente puede acercarse a los factores técnicos del proceso de trabajo y delimitar su variabilidad potencial.



Foto 2.4: Molienda de trigo con manos de madera y de piedra.

Uno de los primeros objetivos planteados fue comparar la efectividad de los diferentes materiales geológicos y de las superficies activas de los molinos utilizados. En el primer caso, el micaesquisto granatífero parece ser más adecuado que el esquisto micáceo y que el conglomerado. Las escasas diferencias de tamaño de los molinos utilizados no parecen ser relevantes, pues no se utiliza la misma superficie activa durante todo el proceso de trabajo. Aunque no se ha comprobado empíricamente, de las experimentaciones se deduce que molinos de tamaño considerablemente mayor producen una mayor cantidad de harina por unidad de tiempo, a costa, eso sí, de un esfuerzo físico mayor.



Gráf. 2.5: Índices de rendimiento y aprovechamiento obtenidos por molinos de diferente geología.

Los molinos de superficie excesivamente rugosa, tal como quedaba después de su preparación con los percutores, presentaban la problemática de que en los huecos quedaban atrapados fragmentos de grano que no podían ser triturados. De esta forma, tanto el aprovechamiento como el rendimiento del trabajo parecían menores. Curiosamente no resultaba posible nivelar la superficie por medio de golpeado, aun invirtiendo un tiempo considerable. Para esta prueba se utilizó el percutor 2, más ligero, durante aproximadamente 20'. Sin embargo, utilizando alisadores de roca metapsamítica esquistosa, esquisto psamítico con granates, o conglomerado, era posible nivelar c. 65% de la superficie activa de los molinos en sólo 8-10' de abrasión. De esta forma la rugosidad de los molinos era similar a la observada en los molinos prehistóricos, que en ningún caso muestran el aspecto producido experimentalmente por simple percusión para la producción de la superficie inicial. Aparentemente las superficies lisas resultan más efectivas, al menos en cuanto a comodidad del trabajo, aunque estos resultados no se reflejan con total claridad en los índices de rendimiento y aprovechamiento.

Fue de gran interés comprobar el funcionamiento de una superficie convexa en el eje transversal, más pronunciada en los ejemplares arqueológicos que en los experimentales. Al contrario de lo esperado, y aunque los molinos son sumamente estrechos (especialmente MOL-FA-2 en la tabla 2.2), la harina no se deslizaba por los márgenes laterales, sino que permanecía en la zona central, mientras que el salvado sí se iba desplazando por ambas vertientes durante la molienda (foto 2.5). Más ligeros que la harina, que permanece fijada en el centro, estos restos

se van desplazando de forma automática. Este fenómeno es todavía más acentuado en el molido de cebada. Además, cada vez que se deposita un nuevo puñado de grano a lo largo del gallón central de la superficie y se comienza a moler, la vibración del molino producida por el triturado inicial del grano produce un efecto de concentración de todos los restos en la parte central. De esta forma el molido de las partículas resulta más intenso, y se evita recoger y pasar el salvado de forma sucesiva. En los molinos experimentales era necesario barrer la harina cuando ésta se acumulaba excesivamente en la superficie e impedía un molido eficiente. Con algo de práctica es posible separar el salvado durante la molienda, y la harina puede ser recogida, p.e., en un cuenco, sin necesidad de tamizarla posteriormente. El hecho de que superficies convexas mantengan el grano procesado en el centro de la superficie activa permite comprender por qué los molinos argáricos pueden presentar anchuras tan reducidas. En los molinos experimentales tampoco existía un problema con el desbordamiento de la harina por los márgenes, aunque no se producía el efecto de separación entre harina y salvado de forma tan perfecta como se observó en los ejemplares prehistóricos.

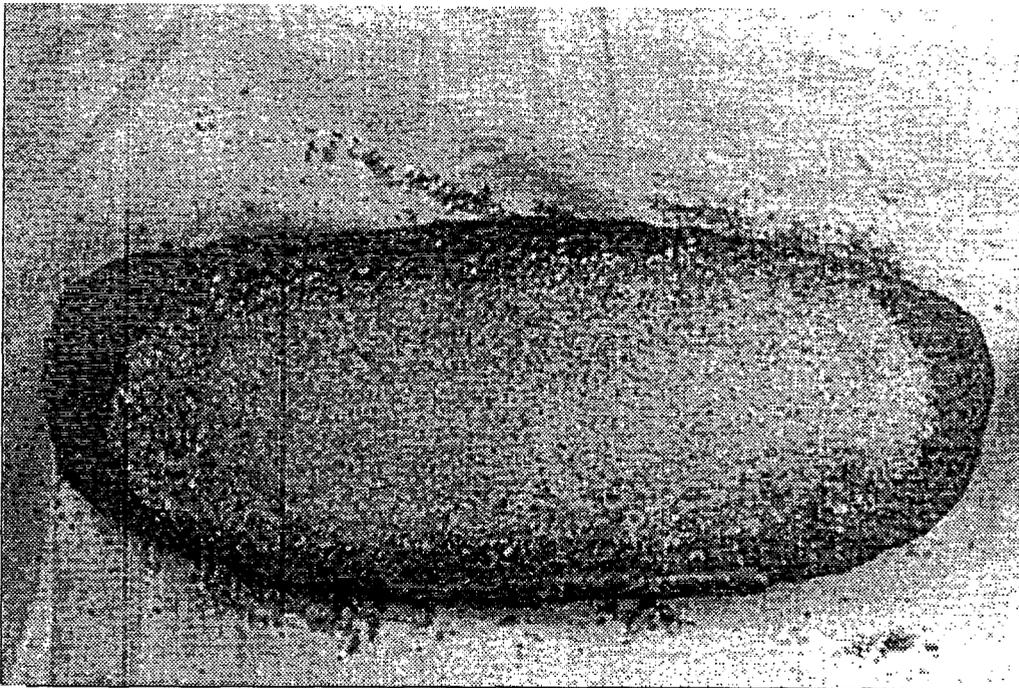
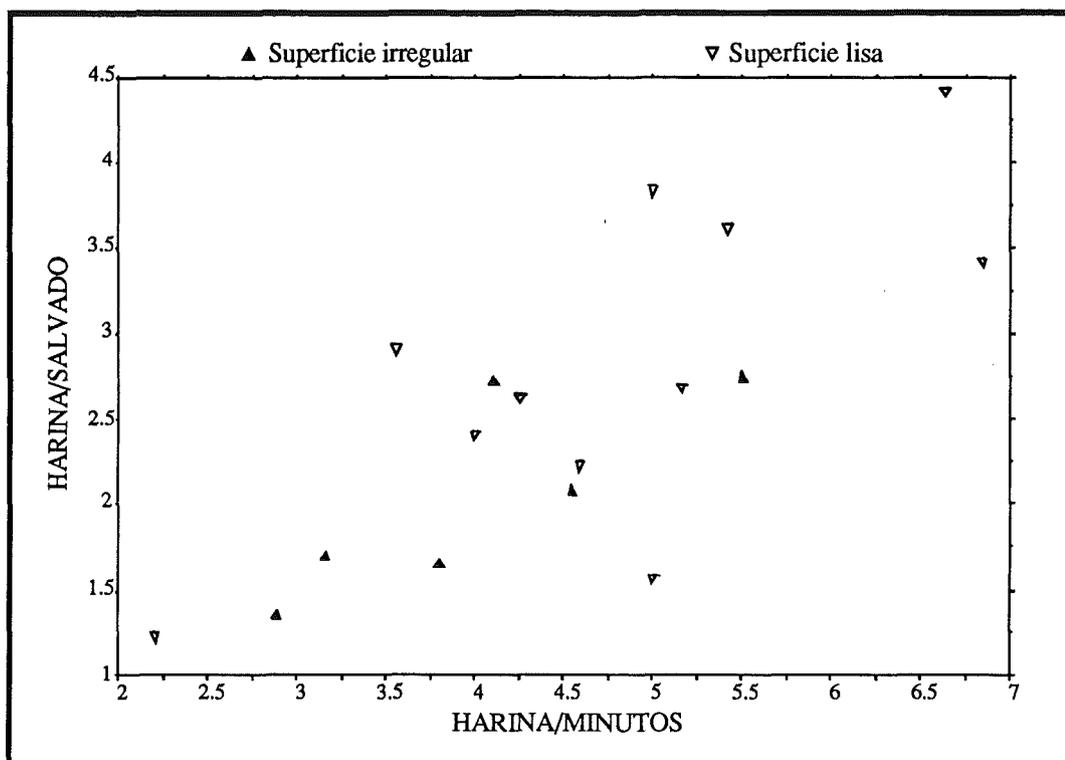


Foto 2.5: Procesado de trigo con un molino arqueológico. Obsérvese el salvado deslizado a los márgenes del molino y la concentración de la harina en el centro del artefacto.

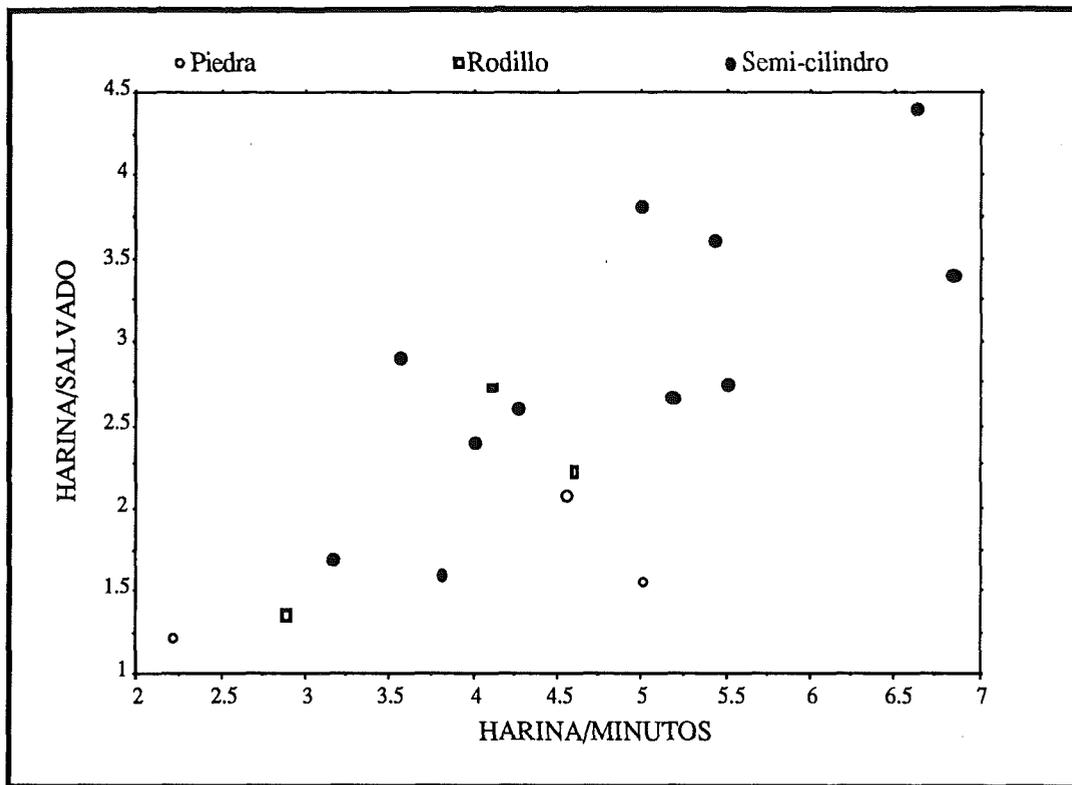
Generalmente la nivelación excesiva de la superficie ha sido considerado como uno de los factores que condicionan la efectividad de los molinos. Por ello se ha supuesto que determinados percutores serían utilizados para mejorar la aspereza de sus superficies (Hayden 1987). Durante las pruebas realizadas no fue necesario este proceso, sino más bien lo contrario, como se ha visto. Sin embargo, es posible que con usos más prolongados y, por lo tanto, con una nivelación total de la superficie, la operatividad de los molinos quede limitada y requiera tratamiento. En los molinos utilizados tampoco hemos podido observar embotamiento

de las cavidades ni reducción de la efectividad después de un uso prolongado (p.e., 120').



Gráf 2.6: Índices de rendimiento y aprovechamiento obtenidos por molinos con diferente preparación de la superficie activa.

El siguiente objetivo fue comprobar la efectividad de diferentes tipos de manos, tanto de piedra como de madera. El resultado más importante es el elevado rendimiento y aprovechamiento obtenido con determinadas manos de madera. Mientras que es posible conseguir aproximadamente el mismo grado de efectividad con los rodillos de madera que con los alisadores de piedra, la mano semi-cilíndrica de madera (foto 2.3) resulta significativamente más productiva. Índices similares, especialmente en cuanto a aprovechamiento se refiere, sólo fueron obtenidos por el alisador de micaesquisto granatífero (exp.nº 3), aunque la harina era muy impura pues se había molido incluso gran parte del salvado. Además, cabe destacar que el pan elaborado con la harina obtenida en las experimentaciones con manos de micaesquisto granatífero (exp.nº 3), resultaba incomedible debido a la gran cantidad de impurezas minerales. La observación mesoscópica de la harina mostró abundantes granos de moscovita, cuarzo y granates. Seguramente el nivel de tolerancia de las comunidades prehistóricas ante impurezas en la alimentación era mayor que el nuestro, como indican los estudios paleoantropológicos con respecto a la dentición, pero la pronunciada escasez de alisadores de micaesquisto granatífero en asentamientos como Almizaraque, Gatas o Fuente Alamo sugiere que realmente se trata de una posibilidad técnica rechazada. Ello se confirmó tras los análisis de huellas de uso que comentaremos más adelante.

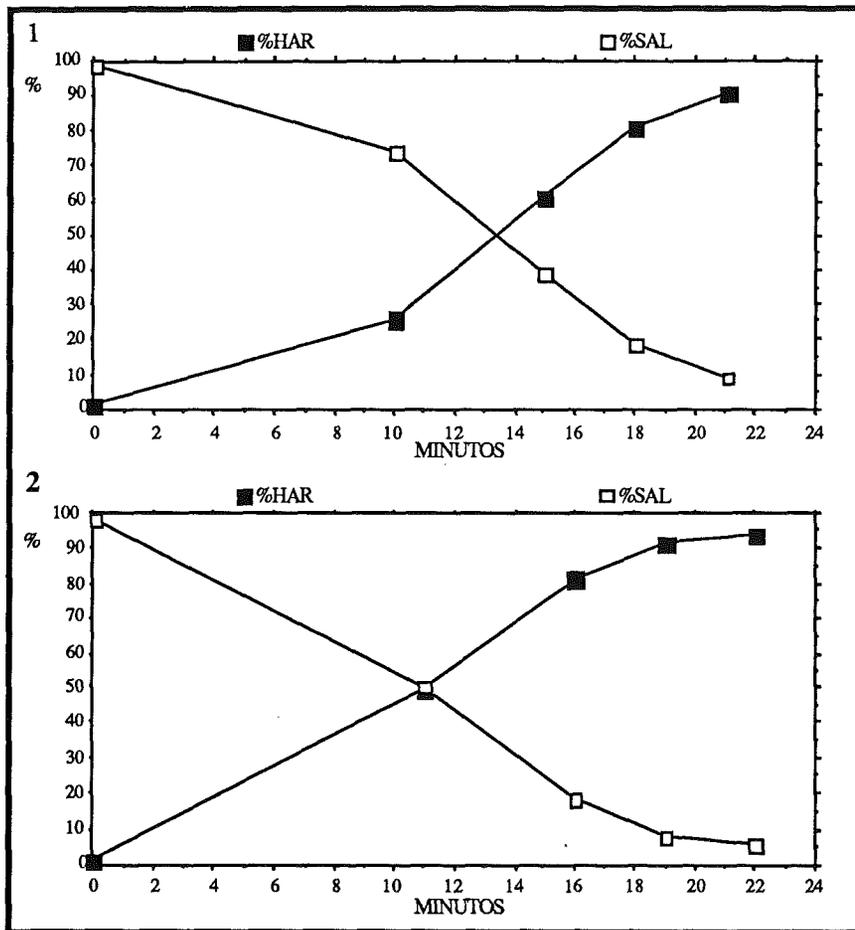


Gráf 2.7: Índices de rendimiento y aprovechamiento obtenidos con los diferentes tipos de manos.

Salvo el pino, todas las demás maderas parecían utilizables, aunque para la mayoría de los experimentos cronometrados empleamos manos de encina u olivo, por resultar herramientas más pesadas. En cualquier caso, la forma semi-cilíndrica de mayores dimensiones era la más efectiva y cómoda de usar, ya que la superficie de contacto es mayor, y el riesgo de lesionarse, menor. En una molienda rápida, prolongada y dirigida, como la que pudo tener lugar en determinados contextos prehistóricos, éste es un factor importante a tener en cuenta. Cuantos menos cambios de postura y reajustes de la posición de la mano sean necesarios, más mecánico resultará el proceso de trabajo. La diferencia de efectividad entre las manos de madera y las de piedra es aún más pronunciada en el caso de la transformación de cebada, cereal con el que llegan casi a duplicarse los rendimientos obtenidos con la madera (exp.nº 29-32). Otro factor que marca la diferencia entre estos materiales es la evolución del rendimiento y del aprovechamiento con sucesivas pasadas del mismo grano, que hemos experimentado con alisadores de madera y de piedra utilizando trigo. Mientras que con la mano de madera los mayores índices de rendimiento se alcanzan en la segunda pasada, en el caso de la metapsamita se necesitan tres pasadas. En cuanto al aprovechamiento, consideramos 9/1 como un índice muy satisfactorio, ya que en molinos preindustriales se suele transformar 1 kg de grano en aproximadamente 900 gr de harina. Con la mano de madera se superan estos niveles en la tercera pasada, mientras que utilizando instrumentos de piedra el nivel deseado sólo se alcanza en la cuarta pasada. Cada pasada supone una inversión añadida de tiempo y esfuerzo, por lo

que la mano de madera resulta la opción más ventajosa desde todos los puntos de vista considerados.

Por otra parte, una molienda más o menos intensa tiene consecuencias importantes para los valores nutritivos del cereal. Una harina rica en salvado requiere menos trabajo de procesado, pero también posee un valor nutritivo más bajo, ya que permanece menos tiempo en el sistema digestivo. Por el contrario, una harina más pura es mejor asimilada por el organismo, lo que supone un aumento tanto de su valor nutritivo como del trabajo invertido en obtenerla. Diferentes situaciones económicas de abundancia o carestía de producto frente a población pueden suponer variaciones en la efectividad deseada.



Gráf. 2.8: Aprovechamiento del grano utilizando manos de piedra (1) y de madera (2). Los valores corresponden a las cantidades de harina, frente a grano y salvado, obtenidas en sucesivas pasadas de una determinada cantidad de trigo.

El programa de experimentación permitió determinar otro aspecto relacionado con la forma de las manos, sean de piedra o de madera. Cuando su superficie activa es recta (RT/RT), el artefacto rueda sobre los granos de cereal debido a la dureza de estos. Un triturado sin la fuerza de fricción, es decir, únicamente por presión, requiere un gran esfuerzo por parte de la persona que realiza el trabajo, a la vez que interrumpe su ritmo de movimiento. Una forma ligeramente

convexa en el eje transversal (CX/RT o CX/CV) garantiza un triturado y molido del grano con la menor energía posible, ya que permite además del movimiento de fricción longitudinal de la mano, su movimiento rotatorio, con lo que el triturado del grano resulta más cómodo. La flexibilidad ligeramente mayor de la madera, frente a la piedra, puede suponer otro factor a tener en cuenta en este proceso.

La posición en cuclillas o de pie adoptada durante la molienda no parece influir de forma significativa en la efectividad del trabajo. En cambio, sí se pudieron constatar rendimientos diferentes según el tipo de cereal utilizado, siendo el procesado de la cebada más difícil y lento. Los rendimientos con este cereal son claramente inferiores a los obtenidos para la molienda del trigo, mientras que el aprovechamiento del grano es similar en la primera pasada, pero inferior en la segunda. La mayor efectividad de molinos de esquisto psamítico con granates frente a ejemplares de conglomerado es más pronunciada durante la molienda de la cebada. Lo mismo ocurre con el uso de manos de madera frente a alisadores de piedra. La diferencia en el proceso de molido de los dos cereales parece radicar sobre todo en la fracturación inicial del grano. Mientras el trigo se tritura, produciendo un sonido similar a la crepitación, la cebada es aplastada o machacada. El comportamiento más pastoso de la cebada parece ser el causante de una mayor dificultad en el proceso de molienda. Otra diferencia entre los dos cereales es la evolución de la efectividad del trabajo en las sucesivas pasadas. A diferencia del trigo, con la cebada no se obtienen mayores índices de rendimiento en la segunda pasada, aunque sí aumenta el aprovechamiento del salvado, sin alcanzar los índices del trigo. Para visualizar mejor esta diferencia entre los dos cereales cabe tener en cuenta que, aceptando unos índices de rendimiento de 4.5 para la cebada y de 6.5 para el trigo, se tarda aprox. 3 horas y 40 minutos en obtener un kilo de harina de cebada, mientras que para el mismo volumen de harina de trigo sólo serían necesarias unas 2 horas y 30 minutos. Según el volumen de cereal a procesar por una comunidad determinada estas diferencias pueden suponer limitaciones importantes dentro del sistema socio-económico en que se inserte. En general creemos que las formas y dimensiones de los molinos y las manos del II milenio estaban diseñadas con el fin de permitir una molienda lo más próxima posible a un funcionamiento mecánico. La forma convexa de la parte fija presenta en este sentido un comportamiento cercano al de un molino rotatorio.

Como se ha podido observar, los factores implicados en el proceso de molienda son múltiples, y muchos elementos no se pueden reproducir experimentalmente, ya que dependen de las estructuras socio-económicas existentes durante el III y II milenios cal ANE. Determinar el peso concreto de cada factor resulta una tarea complicada por la cantidad de pruebas experimentales que requeriría y por la dificultad para mantener constantes las condiciones del ensayo. Así, por ejemplo, en etapas de molienda continuadas se observó como el cansancio se reflejaba en un decrecimiento paulatino de los índices de rendimiento y aprovechamiento. El peso y la fuerza de la persona que realizaba el experimento desempeñaban también un papel importante, además del factor experiencia, que ninguno/a de nosotros/as tenía en un principio.

Para intentar cuantificar en la medida de lo posible los resultados del programa de experimentación se realizó un análisis de componentes principales, con cálculos separados para

el molido de una y dos pasadas. Las variables consideradas son, el material geológico del molino, la forma de la superficie activa del molino, el tipo de mano utilizado, la postura adoptada durante la molienda, el cereal empleado y los índices de rendimiento y aprovechamiento. Los resultados de ambos cálculos son similares. La variabilidad de las pruebas experimentales de una sola pasada queda expresada por dos factores, debido a un valor de comunalidad bajo (.448) para la variable "tipo de cereal". En el factor 1 pesan sobre todo el aprovechamiento y el rendimiento de la molienda, además del tipo de mano utilizado. La relación entre el rendimiento y el aprovechamiento alcanzado por las pruebas experimentales queda reflejado también en los coeficientes de correlación r de Pearson= 0.556 y 0.766, para una y dos pasadas respectivamente, con los coeficientes de determinación $r^2 = 0.309$ y 0.587.¹⁵ Como se ha mencionado anteriormente, la segunda pasada parece determinante para un mejor aprovechamiento del grano. En el segundo factor el mayor peso recae en el material geológico del molino, el estado de su superficie activa, y la postura. La principal diferencia con el análisis de pruebas de dos pasadas estriba en la posibilidad de calcular un tercer factor para reflejar el peso del tipo de cereal, dado que en este caso tal variable presenta un valor de comunalidad alto (0.678). Además, en este caso el estado de la superficie del molino está representado por el primer factor.

Lo importante en ambos cálculos es que el factor 1 representa aparentemente aquellas variables más asociadas con la efectividad de la molienda, mientras que el tipo de molino y de postura, reflejados en el factor 2, funcionan como variables independientes. Al observar las puntuaciones factoriales obtenidas para cada prueba se constata que aquellas con valores positivos en el factor 1 corresponden a las experimentaciones de mayor efectividad, que además se caracterizan por haber sido realizadas con el tipo de mano semi-cilíndrico y predominantemente sobre superficies de molienda lisas. Tanto el material geológico de los molinos como la postura adoptada durante la molienda resultan variables, como cabe esperar dado su peso en el segundo factor. Por lo tanto, los resultados obtenidos por medio del análisis cuantitativo no difieren de las conclusiones extraídas durante la experimentación. Hemos preferido describir por separado ambas formas de valoración debido al carácter experimental de este acercamiento a la realidad. Considerando el carácter variable y no mecanizado del proceso de molienda, la valoración subjetiva y objetiva-cuantitativa se complementan.

2.3.4. Hacia un análisis funcional de los artefactos macrolíticos

En el siguiente apartado se describirán y analizarán las huellas de uso documentadas en los artefactos utilizados en el programa de experimentación. Los detalles técnicos de las acciones realizadas no se repetirán íntegramente, ya que quedan recogidos en el apartado 2.3.2. Las observaciones se han realizado utilizando entre 20X y 40X. En muchos casos resulta más importante la amplitud del campo de observación que el aumento. Se trata de establecer en primer lugar las macro-huellas observables en artefactos líticos utilizados por fricción y percusión, y de confirmar los resultados de los escasos trabajos previos, realizados igualmente

¹⁵ Para los cálculos estadísticos se han sido excluidos los experimentos nº1 y 3.