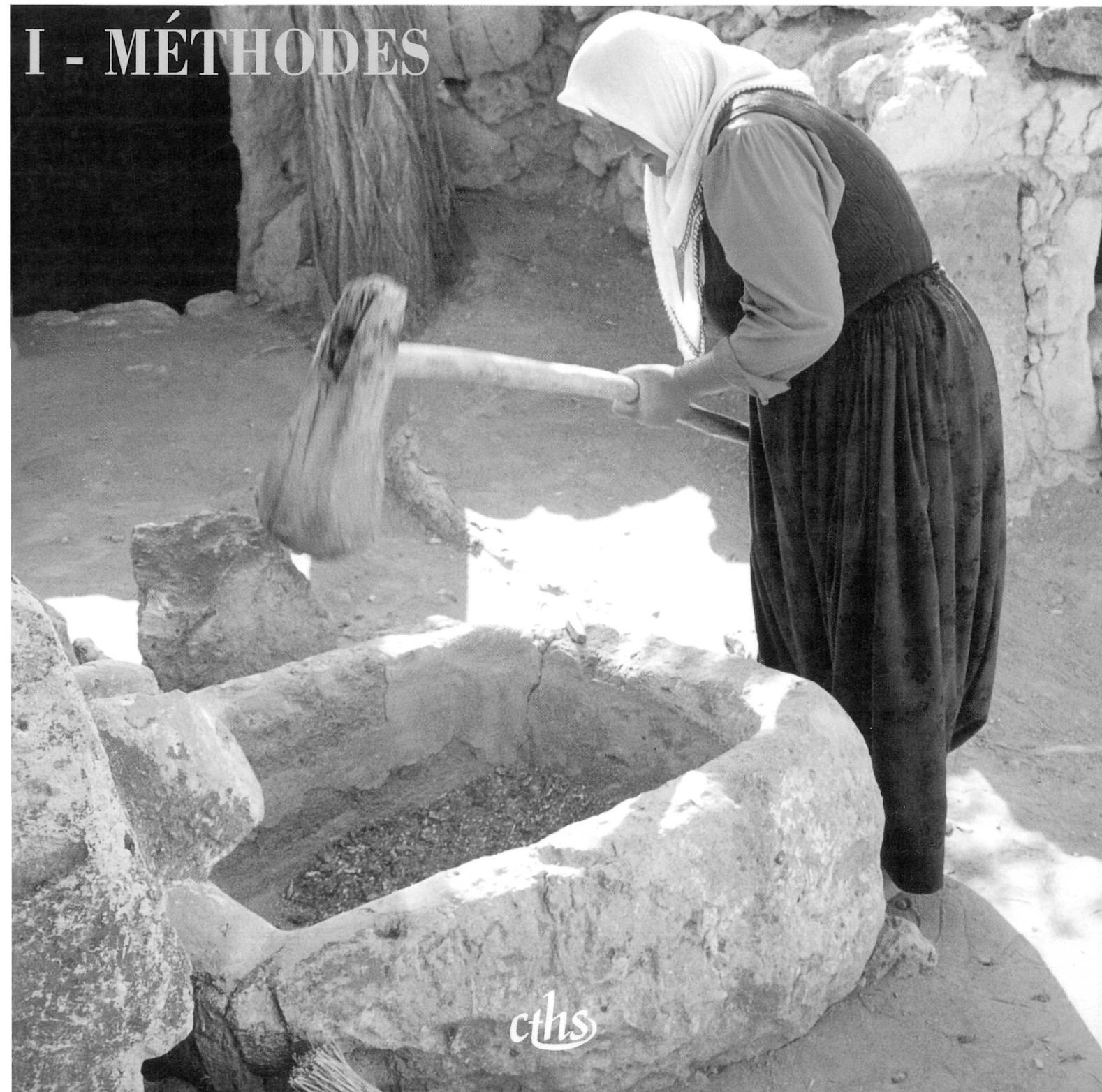


Ouvrage dirigé par
HARA PROCOPIOU
et RENÉ TREUIL

MOUDRE ET BROYER

I - MÉTHODES



cths

Las tecnologías del procesado de cereal en el sudeste de la península ibérica durante el III y el II milenio A.N.E.

«Y él dijo... que se decía Jerónimo de Aguilar, y... que había ocho años que se había perdido él y otros quince hombres y dos mujeres,... y que el navío en que iban dió en los Alacranes, que no pudo navegar, y que en el batel del mismo navío se metieron él y sus compañeros y dos mujeres, creyendo tornar la isla de Cuba o a Jamaica, y que las corrientes eran muy grandes, que les echó en aquella tierra, y que los calachiones de aquella comarca los repartieron entre sí, y que habían sacrificado a los ídolos muchos de sus compañeros, y dellos se habían muerto de dolencia, y las mujeres que poco tiempo pasado había que de trabajo también se murieron, *porque las hacían moler...*» (Díaz del Castillo, *Historia verdadera de la conquista de la Nueva España*, c. 1577).

El relato de Díaz del Castillo nos recuerda que en comunidades escasamente mecanizadas y cuya alimentación es básicamente cerealista, las actividades de molienda constituyen uno de los trabajos más pesados y constantes para la reproducción de la comunidad. Los cambios sociales y económicos que se producen en el III y el II milenio ANE en el sudeste de la península Ibérica dan lugar al paso

de una producción subsistencial diversificada a otra basada de forma dominante en el cultivo y consumo de cereales. La culminación de este desarrollo económico y social está representada por el grupo arqueológico de El Argar, fechado entre 2250 y 1550 cal ANE (Lull 1983, Chapman 1990; González, Lull, Risch 1992, Micó 1993). Tradicionalmente la investigación se ha centrado en las tumbas localizadas tanto dentro de las casas como en los espacios abiertos de los poblados, y en sus ajuares, especialmente ricos en objetos cerámicos y metalúrgicos en comparación con otros grupos arqueológicos de Europa y el Mediterráneo. La mayor parte de los trabajos de investigación se han ocupado de caracterizar el ritual funerario argárico y de inferir o deducir a partir de él la estructura socio-económica de estas comunidades. Estas mismas evidencias sirvieron de base para proponer por primera vez una interpretación de éstas como una sociedad de carácter estatal o proto-estatal (Lull, Estévez 1986).

Sin embargo, las excavaciones recientes realizadas en Gatas (Ruiz *et al.* 1992, Castro *et al.* 1993, Castro *et al.* 1999) y Fuente Alamo (Schubart, Arteaga, Pingel 1986, 1989, 1993; Schubart, Pin-

gel 1995; Schubart, Pingel, Arteaga 2001) ponen de manifiesto que esta representación de El Argar está sesgada, al pasar por alto los aspectos domésticos y productivos. Los yacimientos mencionados son dos poblados de altura localizados en las estribaciones de Sierra Cabrera y Sierra de Almagro, que delimitan la depresión de Vera (Almería) por sus vertientes meridional y septentrional respectivamente. Cada yacimiento presenta una superficie de entre 1 y 2 ha en la que se construyeron sucesivos asentamientos aterrazados, de los que se han podido registrar algunos enterramientos, pero sobre todo estructuras y espacios de habitación y producción. Buena parte de estos espacios presentan evidencias de una elevada concentración de instrumentos de trabajo para la producción básica, que excede las necesidades de una unidad doméstica y permite hablar de talleres de producción. Además de esta concentración de útiles de trabajo se registra una concentración y almacenamiento de grano y materias primas. Una gran parte de los artefactos encontrados en estos espacios son instrumentos de trabajo líticos. Aparte de los alisadores y percutores de diferentes litologías, formas y dimensiones, destacan sobre todo los instrumentos de grandes dimensiones con huellas de uso producidas por abrasión, que suelen ser denominados « molinos ». En Gatas, donde se ha excavado menos del 4 % de la superficie, se han registrado hasta el momento unos 350, y en Fuente Alamo, con algo más del 7 % excavado, se han encontrado más de 2000 « molinos » enteros o fragmentados. Por otra parte, el mero reconocimiento superficial de otros yacimientos argáricos de Almería y Murcia ha permitido contabilizar cientos de estos útiles (Risch, Ruiz 1995, Risch 1995, 2002)¹. De esta forma, el elevado volumen de artefactos de « molienda » constituye una de las características más destacadas de los asentamientos argáricos de altura, y al mismo tiempo marca una importante diferencia con respecto a poblados anteriores. En Gatas y Fuente Alamo ésta se acentúa sobre todo durante el apogeo del periodo argárico, aproximadamente a partir de 1900/1800 cal ANE, coincidiendo con lo que parece ser la generaliza-

ción del cultivo dominante de cebada. Durante esta etapa final se sitúa el máximo desarrollo de la disimetría social y del sistema de producción excedentaria del estado argárico (Lull, Risch 1996). Tanto las características cualitativas y contextuales como las cuantitativas sugieren que los artefactos líticos con grandes superficies activas desempeñaron un papel de primer orden en el sistema de producción de los asentamientos de altura. A pesar de que muchos indicios indirectos y contextuales sugieren que se trata de útiles destinados a la transformación del cereal, hasta el momento no existen estudios concretos de sus aspectos tecnológicos y funcionales. De ahí el interés de desarrollar un programa de experimentación que permitiese abordar estas problemáticas en relación a los instrumentos líticos del III y II milenio cal ANE y comenzar a producir un cuerpo empírico de referencia para la determinación de las huellas de uso de trabajos conocidos. Además, entre todos los artefactos de la prehistoria reciente documentados hasta ahora, el « molino » es el que *a priori* se relaciona con mayor número de artefactos y arteusos de otros tipos también detectables arqueológicamente: picos de preparación del útil, percutores de reavivado de la superficie activa, alisadores para la molienda, vasijas de almacenamiento de grano, cuencos para la recogida de la harina, y las propias semillas, que generalmente aparecen en estado carbonizado o mineralizado. Por tanto, un programa de experimentación del proceso de molienda puede contribuir también a la mejor comprensión de estos materiales y del sistema económico en que se insertan.

1. Es interesante destacar que en asentamientos del Mediterráneo oriental contemporáneos a los argáricos, como *Asine* (Nordquist 1987) y *Lerna IV y V* (Grecia continental), *Akrotiri (Tera)* (Runnels 1981) o *Demircihüyük (Anatolia)* (Kull 1988) se han registrado frecuencias mucho menores de las observadas en los yacimientos del sudeste de la península Ibérica durante el II milenio ANE. Puede ser indicativo hacer notar que el estudio de molinos prehistóricos del Mediterráneo más importante hasta el momento se basa en 129 artefactos de los periodos heládico antiguo, medio y reciente (Runnels 1981). Los mejores paralelos se encuentran en los espacios de molienda mesopotámicos (Matthiae 1980).

Caracterización arqueológica
y problemática funcional de los
artefactos de molienda argáricos

Tanto durante el III milenio como durante todo el II milenio cal ANE, las rocas más utilizadas en los asentamientos de la zona de estudio² para la producción de los denominados «molinos» son el micaesquisto psamítico con o sin granates (67,9 %) y el conglomerado (23 %). Las dacitas, las andesitas, las areniscas, los travertinos, las calizas y los mármoles se utilizaron de forma minoritaria y esporádica. Sin embargo, existen marcadas diferencias entre los asentamientos en cuanto a las materias primas utilizadas. Además, gracias al hallazgo de grandes cantos rodados sin trabajar o apenas transformados en las excavaciones de Gatas y Fuente Alamo y al estudio de las superficies pasivas de los «molinos», sabíamos previamente que los útiles abrasivos de grandes dimensiones se fabricaron a partir de clastos extraídos de los depósitos fluviales de algunas ramblas.

La cara anversa tiene una importancia especial, ya que en ella se encuentra la superficie activa. Generalmente se considera que la forma de ésta es resultado del desgaste del útil durante su uso, condicionado por la manera en que éste se produjo (véase, p.e., Adams 1993). Por tanto, esta forma indica a su vez la morfología de la superficie activa de la «mano», dado que ambas superficies deben acoplarse perfectamente para un funcionamiento más efectivo. Entre los «molinos» argáricos dominan los perfiles rectos o cóncavos en el eje longitudinal, y rectos o convexos en el transversal. En asentamientos como Fuente Alamo los artefactos de formas convexas son mayoritarios. En principio, estas morfologías no son las esperadas para molinos de mano, puesto que el tipo prehistórico más conocido es el cóncavo en ambos ejes, mientras que no existen estudios de funcionamiento y efectividad de los útiles de forma convexa en el eje transversal. A priori, esta forma se podría considerar poco apropiada para mantener los granos de cereal y la harina

sobre la superficie de trabajo. Incluso las superficies anversas rectas resultan menos efectivas que las cóncavas, ya que se ha constatado que la harina y los granos se deslizan por los márgenes (Adams 1993, p. 339).

Algunos autores (p.e. Runnels 1981) han concedido una gran importancia a las dimensiones de los «molinos», asumiendo que existe una correlación positiva entre tamaño y rendimiento. Sin embargo, hasta el momento no se han realizado experimentos ni observaciones etnográficas que confirmen esta asunción. Como regla general se puede decir que los grandes útiles abrasivos del segundo milenio miden entre 30 y 45 cm de largo, dimensiones que se ajustan a lo que se considera normal para molinos de mano. Sin embargo, su anchura, que suele variar entre los 15 y los 25 cm, sorprende por lo pequeña. Y aún resulta más inesperada la combinación de formas convexas y dimensiones estrechas (gráf. 1)³. Se presentan, por lo tanto, una serie de problemáticas que no parecen tener respuesta en el registro arqueológico y que es necesario abordar desde otras perspectivas.

Con respecto a la función de los posibles molinos, el análisis de los artefactos arqueológicos proporcionó algunos indicios. La observación mesoscópica (10-40X) de ejemplares fracturados permitió observar una intensa nivelación de grano por desgaste, así como evidencias de fatiga y desprendimiento de material de la matriz esquistosa. En algunos ítems de micaesquisto granatífero se han podido identificar, también mesoscópicamente, restos orgánicos pulverizados y carbonizados y, en algunos casos, una capa oscura y resistente que cubre la superficie de trabajo. Esto nos hace pensar que la mayoría de los «molinos», especialmente los de geología dominante (esquistos y probablemente también conglomerados), sirvieron, sobre todo, para procesar materiales orgánicos por movimien-

2. En total se ha determinado la geología de 1359 molinos procedentes de once asentamientos.

3. El valor medio de la convexidad o del factor «flecha» es de 4.339 mm, con una desviación estándar de 2.361 mm.

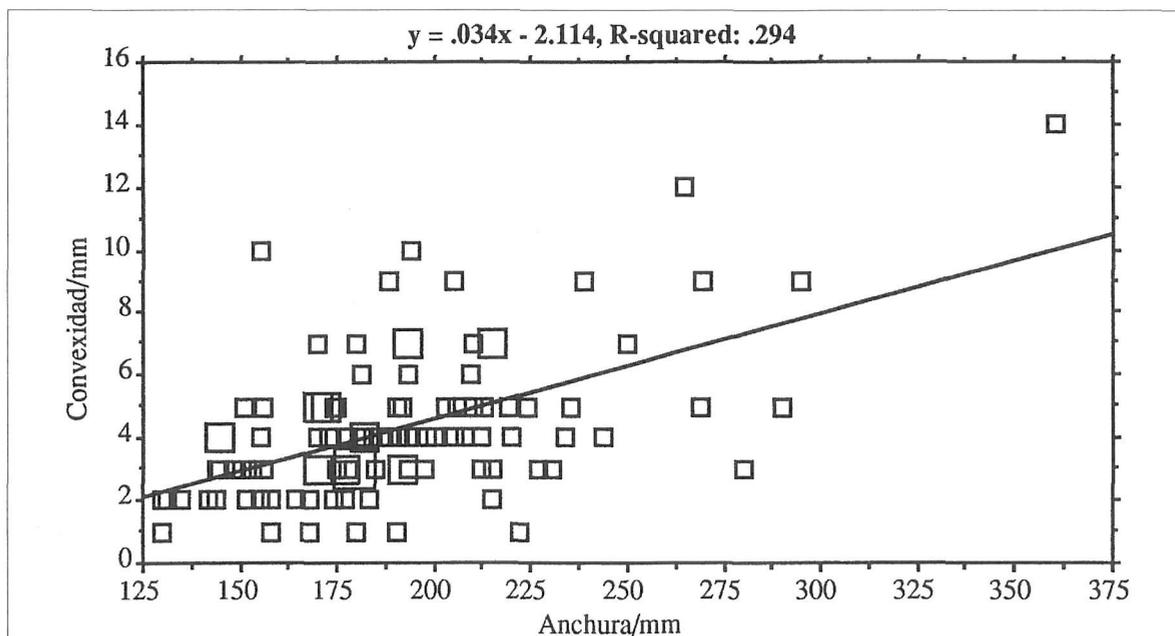


Gráfico 1. Relación entre convexidad y anchura de molinos de Fuente Alamo (N=124).

tos de fricción en dirección longitudinal⁴. Por su parte, los datos contextuales apuntan más concretamente a que la función dominante fue el procesamiento de cereal. En muchos asentamientos argáricos es frecuente la presencia de espacios con abundantes útiles abrasivos de gran tamaño asociados a grandes vasijas que contenían cereal (Risch 1995, p. 167-172, 405-436, 482-505).

Según los estudios carpológicos disponibles para los yacimientos arqueológicos excavados (Clapham, Jones, Reed, Tenas 1994; Stika 1988, Hopf 1991), 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. Queda abierta la cuestión sobre el posible triturado de habas. La acumulación de estas legumbres en una casa de Gatas III (2000-1750 cal ANE), donde aparecieron gran número de molinos, sugiere esta posibilidad. En cualquier caso, también las legumbres son minoritarias con respecto a la cebada. La necesidad de contar con contenedores antes y

4. Los trabajos etnográficos desarrollados en los altiplanos de Guatemala registran que los molinos se usan para procesar café, azúcar, cacao, pigmentos, desgrasantes, especias, sal, chiles, raíces y vegetales (Hayden 1987, Horsfall 1987). En Norteamérica se ha documentado el lavado de la ropa (*idem*) y el procesado de pieles (Adams 1988), y en California, el triturado de carnes o pequeños animales (Yohe, Newman, Schneider 1991). En muchos casos los artefactos abrasivos de gran tamaño se han utilizado para la producción de hachas, como ocurre entre las comunidades aborígenes de Australia (McCarthy 1976, p. 59-60). En cuanto a los ejemplares arqueológicos, parece que los molinos mesopotámicos del II milenio ANE sirvieron para procesar semillas de pistacho y de sésamo, especias, hierbas, cerámica y pigmentos, además de cereales (Wright 1991, p. 33). Otro uso documentado arqueológicamente es el triturado de ocre, que aparece en forma de restos de pigmento adheridos a la superficie de algunos molinos (p.e. Farrugia, Kuper, Lüning 1978, p. 106 ss.). Por último, los molinos que formaban parte de la carga del barco hundido de Gelidonya (frente a la costa turca), fechado alrededor de 1200 ANE, han sido interpretados como artefactos destinados al trabajo del metal (Bass 1967). En el sudeste de la península Ibérica se ha sugerido la posibilidad de que los molinos del yacimiento neolítico de Tres Cabezas se utilizasen para producir hachas (Siret, Siret 1890). Ahora bien, los datos etnográficos disponibles indican que en las comunidades de tipo agrícola el uso dominante de los molinos es el procesado de cereal (Kraybill 1977, Hayden 1987, Horsfall 1987, Wright 1991).

después del procesado del cereal explicaría la asociación entre artefactos de molienda, vasijas de almacenamiento y cuencos de pequeñas dimensiones, necesarios para extraer el grano a moler⁵ y para recoger la harina procesada.

Los datos contextuales también proporcionan indicios acerca de la postura de los/las trabajadores/as durante la molienda. La posición de algunos molinos encontrados dentro de las unidades estructurales (p.e. Rincón de Almendricos) parece indicar que se utilizaron apoyados sobre el suelo, aunque también existen abundantes evidencias del uso sobre banquetas y poyetes (p.e. Cabezo Negro, Gatas) (Risch 1995, p. 164). Una cuestión que se abre es si estas alternativas técnicas reflejan diferencias en la productividad de las actividades de molienda.

Todas las caras de los posibles molinos arqueológicos, y en particular la anversa, pueden presentar señales de haber sido trabajadas por percusión. En algunos grandes cantos rodados en proceso de transformación en molinos se han observado las mismas huellas. Esto implica que en los procesos de trabajo se utilizaron percutores de rocas duras o muy duras. En excavaciones como las de Gatas y Fuente Alamo ha aparecido gran cantidad de percutores, para los que se utilizan básicamente cantos de micro-gabro, cuarzo o cuarcita. Observadas meso y microscópicamente, sus superficies activas muestran alteraciones que van 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 utilizados para la preparación y reafilado de molinos. Por lo tanto, teníamos algunos indicios de los medios técnicos destinados a la preparación y el mantenimiento de los artefactos de molienda.

Como se ha indicado más arriba, la forma de la cara anversa de los molinos determina la forma de la superficie activa de la mano y viceversa. En los molinos argáricos y postargáricos la forma recta o ligeramente convexa, pero casi nunca cóncava, del eje transversal de la superficie activa parece

indicar que la longitud de las manos tuvo que superar 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 considerábamos que podría explicar la forma convexa de la superficie activa. El estudio de Hayden (1987, p. 190-202) sobre 59 molinos y 59 manos utilizados actualmente en Guatemala muestra que la longitud media de éstas es aproximadamente 10 cm superior a la anchura media de los anteriores, de modo que ambos artefactos se pueden utilizar adecuadamente para el procesado de cereal, evitando el roce de las manos. Como la anchura media de los artefactos de molienda argáricos oscila entre 15 y 25 cm, cabría esperar que las muelas encontradas en Gatas o Fuente Alamo presentasen una longitud media de c. 25-35 cm. Además, las fuerzas mecánicas que intervienen implican que las superficies activas de estas manos de forma alargada tienen que presentar perfiles rectos o cóncavos en el eje longitudinal, y rectos o convexos en el eje transversal.

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, muy pocos de estos alisadores se pueden clasificar como manos según los criterios expuestos. La mayor parte de los artefactos abrasivos son de pequeñas dimensiones (c. 7-18 cm), y las superficies activas son predominantemente rectas en ambos perfiles, morfometría que no se acopla a la que predomina en los molinos. Además, muchos alisadores están

5. En Fuente Alamo se ha observado la presencia de estrías perpendiculares al borde en la pared externa de vasijas de la forma 2, producidas por un roce repetido contra otra materia dura. Esto podría ser resultado de su uso para extraer el grano de las urnas de almacenamiento, para lo cual la forma 2 resulta muy adecuada debido a sus paredes entrantes y al diámetro de su boca. Agradecemos a Thomas Schuhmacher, del Instituto Arqueológico Alemán, habernos llamado la atención sobre este aspecto.

realizados a partir de materiales como el microgabro, el cuarzo y la cuarcita, de gran dureza pero de escaso poder abrasivo, al contrario de lo que cabría esperar en manos destinadas a moler granos de cereal. 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 hace poco manejables, y en todos los casos documentados las huellas de uso se extienden hasta los extremos distales y/o proximales, y no se limitan al centro del artefacto, como es de suponer que ocurriría en el caso de que se tratase de muelas. Por otra parte, en los contextos arqueológicos argáricos del Sudeste es excepcional encontrar manos en posición funcional⁶.

Otro problema es que en los poblados argáricos la relación entre número de «molinos» y número de «manos» no se ajusta a los valores esperados. Diversos trabajos experimentales han mostrado que el desgaste de las manos es considerablemente mayor que el de los molinos, argumentando que su superficie activa es reavivada con más frecuencia (Wright 1990, citado en Schlanger 1991). Ahora bien, la causa de esta mayor necesidad de reafilado es que el desgaste de las manos respecto al de las superficies activas de los molinos es inversamente proporcional a la relación de sus superficies. Los ejemplos etnográficos indican que la vida de uso de las manos de basalto vesicular es aproximadamente la mitad (± 10 años) que la de los molinos (± 20 años) del mismo material geológico (Horsfall 1987, p. 343). Cuando se trata de instrumentos de arenisca, los resultados de trabajos experimentales (Wright 1993) muestran que el desgaste de las manos resulta cinco veces superior al de los molinos. Así, en los registros arqueológicos de los yacimientos agrícolas es frecuente que éstas sean más numerosas, en una proporción de aproximadamente 2:1 (ver, por ejemplo, frecuencias dadas por Farruggia, Kuper, Lüning 1978, p. 106 ss.; Gonçalves 1989, p. 136, 140, 231, 239; Schlanger 1991, p. 463; Nelson, Lippmeier 1993, p. 293)⁷.

En principio se plantearon dos posibilidades para explicar esta escasez de manos de piedra. La primera radica en las características petrológicas de 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 los 50-60 mm. Es decir, se trata de rocas que se fracturan con facilidad cuando presentan grosores reducidos y son expuestas a presión intensa, como ocurre con las muelas. Por otra parte, las litologías compactas, como los microgabros y las cuarcitas, además de que no ofrecen un gran potencial abrasivo, 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 los molinos y las 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 el 60 % de los molinos argáricos.

Una posibilidad alternativa es la existencia de otro tipo de materiales más idóneos, sea por razones sociales, económicas o ideológicas, para realizar el trabajo de molienda del cereal. Después de excluir el hueso o el asta, debido a que en el registro no se observan artefactos de estas materias aptos para el procesado de cereal, nos planteamos como hipótesis de trabajo la utilización de manos de madera, ya que éste es el único material duro que no se habría conservado arqueológicamente, y que presenta característi-

6. Es el caso del ejemplo de la casa C de Ifre (Siret, Siret 1890, lám. 17) y del «departamento XIV» de la Bastida de Totana (Santa-Olalla et al. 1947, p. 77), ambos en la provincia de Murcia.

7. En Fuente Alamo y Gatas los artefactos abrasivos que, por sus valores métricos, pudieron funcionar como manos, no superan una proporción de 1:10 con respecto al número de posibles molinos.

cas idóneas para ser utilizado sobre artefactos de piedra⁸.

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

1. Evaluar la obtención de las materias primas adecuadas para la producción de los molinos.
2. Documentar los procedimientos de elaboración de los molinos a partir de cantos de diferente geología.
3. Comparar la efectividad y la productividad de la molienda con molinos de diferente geología, forma, tamaño y acabado superficial.
4. Comparar la efectividad y la productividad de la molienda con manos de formas y materiales diversos, con especial atención a la hipótesis del uso de manos de madera para el procesado de cereal.
5. Comparar la efectividad y la productividad de la molienda utilizando diferentes posturas durante el trabajo.
6. Evaluar las diferencias entre la molienda del trigo y la cebada.
7. Documentar y describir las huellas de uso observadas en todos los pasos del programa de experimentación.

Programa de experimentación

Obtención de la materia prima

A la hora de determinar las formas de apropiación social de los recursos líticos se suele partir de planteamientos estrictamente petrológicos. Se considera como evidencia la mera identificación de los tipos

de rocas de los artefactos arqueológicos en afloramientos o depósitos naturales. Sin embargo, desde una perspectiva experimental se trata además de localizar el recurso idóneo para la producción de las herramientas. Al seleccionar el material, factores como la forma, la textura o la alteración de las rocas cobran una importancia no siempre percibida.

Como hemos mencionado al comienzo, la mayoría de las materias primas utilizadas en los asentamientos argáricos fueron apropiadas en forma de cantos rodados y transportadas desde los depósitos fluviales cuaternarios más o menos próximos. Los trabajos de campo mostraron que los depósitos de los grandes cauces, como los del río Almanzora y el río Aguas, más que los de las ramblas secundarias, son los que presentan mayores índices de correlación con las rocas documentadas en los asentamientos próximos⁹. Sin embargo, algo aparentemente tan simple como encontrar un canto de esquisto 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 los 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 fue necesario recorrer dicha

8. *La dificultad para reconocer las manos no es un problema exclusivo del grupo arqueológico de El Argar. Los estudios sobre artefactos de molienda de la prehistoria reciente son todavía escasos, pero la misma problemática se puede reconocer en los yacimientos neolíticos alemanes (Zimmermann 1988, p. 724-736) o en los del III y II milenio cal ANE en Grecia (Runnels 1981). En la península Ibérica, en el yacimiento de Alto de la Cruz (Cortes de Navarra), fechado entre 850 y 350 arq. ANE y uno de los pocos que cuentan con información detallada al respecto (Maluquer, Gracia, Munilla 1990), sólo tres de los 31 artefactos de molineda pueden ser clasificados como manos.*

9. *El sistema de recuento en los depósitos fluviales se ajustó al «método de área» propuesto por Howard (1993), consistente en registrar 100 clastos en un área superior a 2,5 veces el diámetro máximo del clasto más grande.*

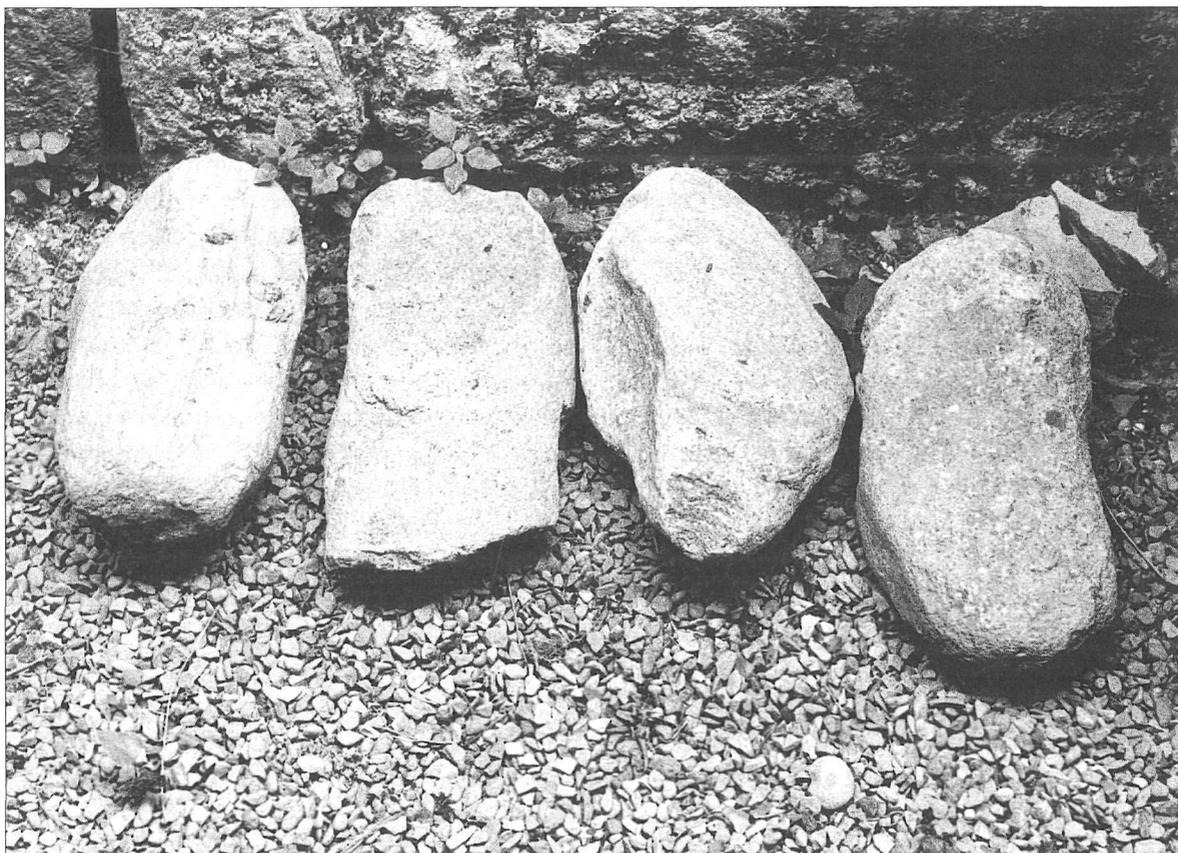


Foto 1. Cantos rodados de conglomerado y de esquistó psamítico con y sin granates extraídos del río Almanzora.

rambla durante unas 4 horas 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 experimentalmente se encontraron en la gravera cercana a Villaricos (desembocadura del Almanzora), donde los grandes cantos rodados son separados del resto de la grava y acumulados en montículos que resultaron ideales para la selección de materia prima adecuada.

Desconocemos cuáles eran las condiciones de visibilidad en la zona aluvial del Almanzora en el periodo argárico, condiciones 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 facilitar o dificultar la apropiación antrópica de estos clastos. En cualquier caso, el acceso a los grandes cantos no es tan directo como se podría pensar. Estas dificultades para la apropiación fácil y directa podrían explicar el almacenamiento de grandes clastos no utilizados que se observa en yacimientos como Gatas y Fuente Alamo, a pesar de que los lugares de extracción se encuentran a distancias no superiores a los 10 km.

La elaboración de los instrumentos de trabajo

Mientras que la mayoría de los cantos de pequeñas dimensiones no necesitaban de ningún tratamiento previo para servir como percutores y alisadores operativos, los grandes clastos tenían que ser trabajados al menos en una de las caras con el fin de obtener una superficie activa apta para la molienda. El hecho de que las superficies pasivas de muchos

LAS TECNOLOGÍAS DEL PROCESADO DE CEREAL

ITEM	MATERIA	SUPERF. ACTIVA	FORMA SUP.ACT.	METR. SUP.ACT.	CV.	CX.	LON.	ANC.	GROS.	PESO
PEC-1	Micro-Gabro	GO	CX/CX	54/36		9	107	75	55	680
PEC-2	Micro-Gabro	GO;AL	AG/CX;RT/RT	45/9;49/42		5	99	71	48	450
MOL-1	Esquisto	AL	RT/CX	295/140		3	330	165	55	6400
MOL-2	Conglomerado	AL	CV/CX	320/145	10	3	365	175	82	11500
MOL-3	Esquisto gran.	AL	RT/RT	345/167			382	187	78	10500
MOL-FA-1	Conglomerado	AL	CV/CX	324/178	8	7	338	180	54	6200
MOL-FA-2	Esquisto gran.	AL	CV/CX	357/151	15	5	371	159	51	6000
ALS-1	Metapsamita	AL	RT/RT	128/48			165	72	49	990
ALS-3	Esquisto gran.	AL	RT/RT	135/60			138	73	31	475
RODILLO	Olivo	AL	CV/CX	190/28			360	54	54	725
RODILLO	Roble	AL	RT/CX	160/27			382	43	43	500
TRONCO	Almendro	AL	RT/CX	190/59			304	122	65	1300

Tabla 1. Descripción de las principales variables geológicas (Materia) y morfotécnicas (Superficie activa : percusión (GO), abrasión (AL) ; forma longitudinal y transversal de la superficie activa : convexa (CX), cóncava (CV), recta (RT); longitud, anchura, concavidad y convexidad de la superficie activa ; longitud, anchura, grosor (mm) y peso (g) de los artefactos) de los instrumentos líticos utilizados en el programa de experimentación.

molinos no se modificasen indica 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 1 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 utilizaran 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 en el Sudeste. Utilizando percutores de pequeño tamaño se pretendía constatar si real-

mente son útiles para la producción de molinos, y si esta actividad se pudo realizar en el interior del asentamiento.

Para obtener una superficie activa en el canto rodado 1 (PMO-1), de esquisto psamítico, se emplearon 65'. El primer proceso de desbastado de la cara anversa del canto se realizó con 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 diagonal a la superficie trabajada. El producto secundario más visible eran esquirlas con tamaños medios de 20 a 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 mm¹⁰. Golpeando la superficie con un ángulo < 90° parece que se obtenía mayor rendimiento. Sorprendió comprobar que, utilizando el segundo percutor, la efectividad del trabajo no era inferior, seguramente debido a que con el percutor más pesado el ritmo de golpeado es más lento, además

10. Este grosor muestra que el canto seleccionado era más delgado que los utilizados para los molinos prehistóricos, y que probablemente no habría resistido un uso de varios meses.

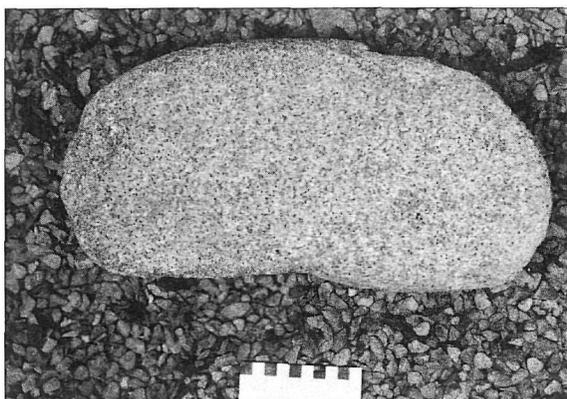


Foto 2. Molino experimental nº 3.

de que la extracción de material no resulta mucho mayor¹¹.

Para preparar el segundo molino se utilizó un cascote de conglomerado (PMO-2) y se emplearon 63'. Debido a la dificultad que ofrecía el trabajo de este material sólo se pudo utilizar el percutor 1, haciéndolo incidir sobre la superficie de forma perpendicular. Después de este periodo sólo se había conseguido reducir el grosor del canto de 95 mm a 85 mm, lo cual resultó suficiente para obtener un molino operativo gracias a que el clasto inicial presentaba una forma adecuada. 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 eso, en este caso resultan más adecuados los percutores con grandes superficies activas. Una percusión más puntual o con herramientas más pesadas sólo produce la fracturación de la piedra, como ocurrió al trabajar el otro canto rodado de conglomerado. La razón de este comportamiento se encuentra en la estructura de la roca, que no es planar ni planolinar, como la de 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 utilización preferente de micro-conglomerados compuestos por grava fina (2-6 mm). El único producto secundario del tra-

bajo del conglomerado es un polvo fino y, en ocasiones, pequeñas partículas del cemento, pero en ningún caso esquirlas, como ocurre con los esquistos.

En la preparación del tercer molino sobre un clasto de micaesquisto granatífero se emplearon 70'. Debido a las irregularidades del cascote original fue necesario trabajar también los extremos superior e inferior. Durante los primeros 30' se utilizó el percutor 1, y durante los 40' restantes, el 2. 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 contenida en la roca utilizada para este ejemplar su trabajo fue mucho más fácil, y resultó 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 complicada. 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 básica es de varios años, los trabajos de producción se convierten en insignificantes. La valoración y la 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 depósitos fluviales prospectados se recogieron cantos de microgabro, cuarcita, rocas metapsamíticas con y sin granates, pizarra y mármol como los utilizados por las comunidades prehistóricas. Parece que los alisadores que, por su forma y

11. Las huellas de desgaste producidas en todos los artefactos implicados en el programa de experimentación fueron descritas a partir de la observación microscópica (Risch 1995, p. 92-110), si bien en el marco de este trabajo sólo se presentan los resultados referidos a los molinos.

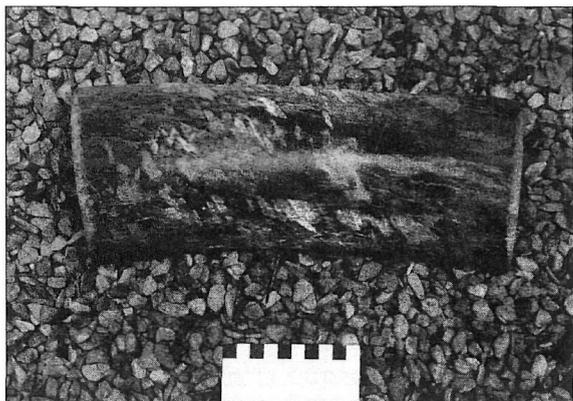


Foto 3. Mano de madera elaborada a partir de un tronco de almendro.

dimensiones, tenían más probabilidades de haber funcionado como manos en los asentamientos del III y II milenio fueron los cantos con cara anversa y/o reversa recta, de más de 10 cm de longitud y con un soporte de roca metapsamítica.

Como manos de madera se preparó una serie de ramas secas de diferentes especies. Se seleccionaron maderas de pino, encina, roble, olivo y almendro por poseer características similares a las presentes en los yacimientos, y con el fin de obtener resultados comparativos acerca de la utilidad de cada especie para este uso. 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, ya que presentaba un desgaste demasiado intenso, y se prepararon manos de formas diferentes. Se consideró que con una superficie activa más ancha la molienda sería más efectiva. Así, 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.

La molienda del cereal

Según se desprende de los estudios etnográficos, el procesado de cereal con molinos de mano ofrece una variedad de posibilidades técnicas y representa un proceso de trabajo relativamente complejo. 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 socioeconómica en la que se realiza esta actividad. Las principales variables técnicas evaluadas durante el trabajo de experimentación quedan reflejadas en la tabla 2, y son las siguientes:

1. El primer factor que cabe tener en cuenta es la postura del trabajador o la trabajadora durante la molienda (POST). Por los ejemplos etnográficos conocidos parece que se muele, bien en cuclillas (CUC) detrás del molino situado en el suelo, o bien de pie (De P), con el molino apoyado sobre una mesa.
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 momentánea muy elevada, sino un esfuerzo continuo durante un tiempo prolongado. En consecuencia, 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). Las litologías utilizadas resultan muy variables entre los diferentes asentamientos, dependiendo de los potenciales locales y de la existencia de límites territoriales (Risch, Ruiz 1995). En este sentido es clave analizar las consecuencias del empleo de esquistos con y sin granates (MEG y ESM) y de conglomerados (CGL) en cuanto a la productividad del trabajo de molienda, por ser las rocas más utilizadas.
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 realicen una fricción que

produzca 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 tratamiento. Tales repeticiones del molido 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 de la superficie activa del molino podía ser un factor importante a tener en cuenta (SUP. MOL). Una superficie excesivamente rugosa (RUG), como las que resultan del proceso de elaboración de un molino por percusión, no parecía más efectiva que una superficie lisa (LIS). Por eso se realizaron pruebas con superficies activas rugosas y con un grado de nivelación de c. 65 %.

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). El objetivo era comprobar si los resultados obtenidos con ambos resultaban 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 cambiarían utilizando la cebada desnuda prehistórica de Almizaraque o la vestida de Gatas y Fuente Alamo.

Los resultados de las diferentes pruebas experimentales aparecen en la tabla 2. Desde un punto de vista técnico, la efectividad lograda en los procesos de molienda puede ser evaluada utilizando dos índices. 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 pro-*

ducto/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 resultaría menos evidente e importante en condiciones reales. Es imposible establecer cuál 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.

Uno de los primeros objetivos fue comparar la efectividad de los materiales geológicos. Los valores más elevados se obtuvieron con molinos de micaesquisto granatífero. Sin embargo, las tres materias primas presentan unos índices de rendimiento y aprovechamiento variables (gráf. 2). Las escasas diferencias de tamaño de los molinos utilizados no parecen 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 los molinos de tamaño considerablemente mayor producen más cantidad de harina por unidad de tiempo, a costa, eso sí, de un esfuerzo físico mayor.

En cuanto a las superficies activas, los molinos de superficie excesivamente rugosa, tal como resultaba después de su preparación con percutores, presentaban el problema 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 eran menores. Curiosamente, no se pudo nivelar la superficie por medio de golpeado, aun invirtiendo un tiempo considerable. Sin embargo, utilizando alisadores de

LAS TECNOLOGÍAS DEL PROCESADO DE CEREAL

NºEX.	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. Descripción de las condiciones de trabajo y de los resultados en diferentes experimentos de molienda de cereal.

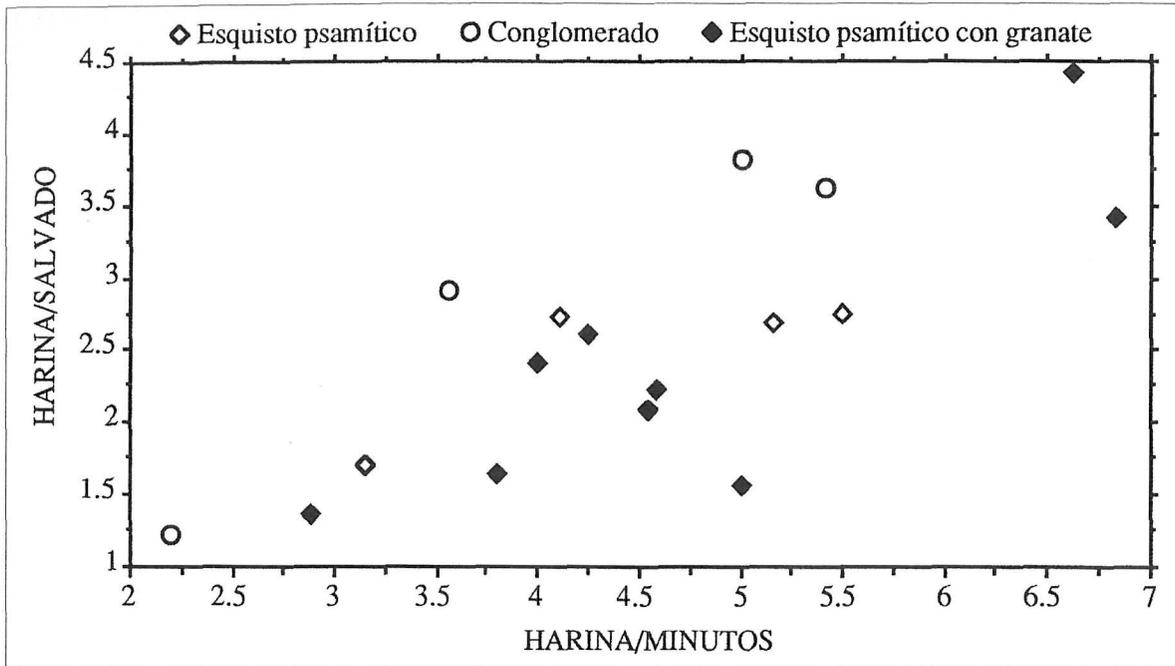


Gráfico 2. Índices de rendimiento y aprovechamiento obtenidos con molinos de diferente geología con dos pasadas del cereal.

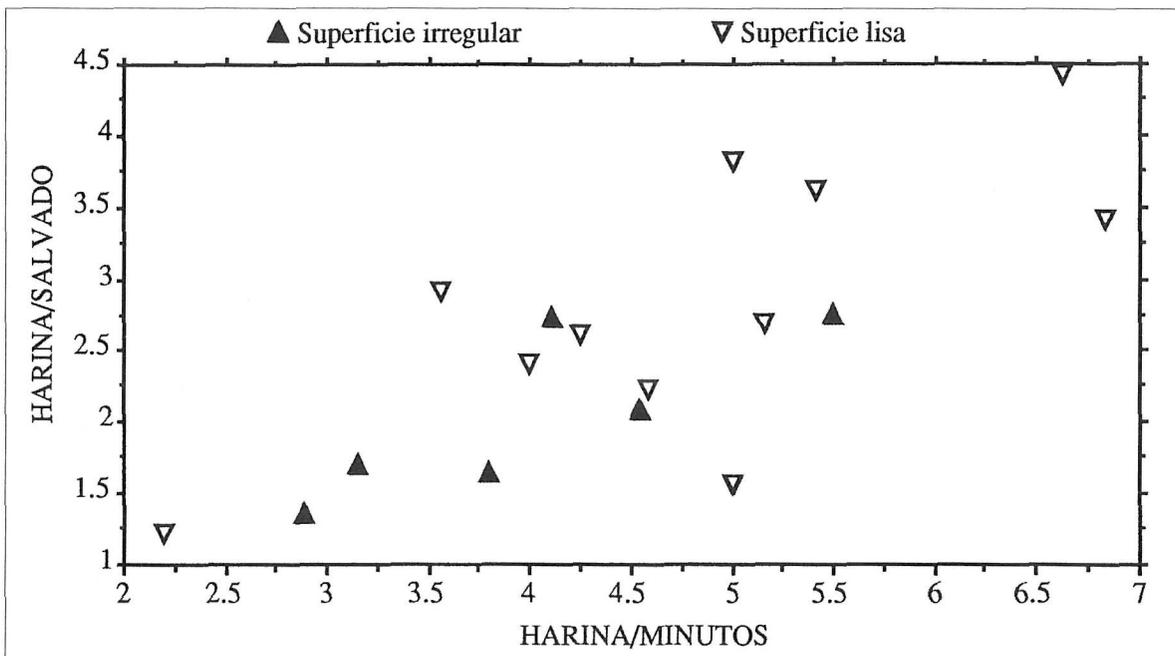


Gráfico 3. Índices de rendimiento y aprovechamiento obtenidos con molinos con diferente preparación de la superficie activa y con dos pasadas del cereal.

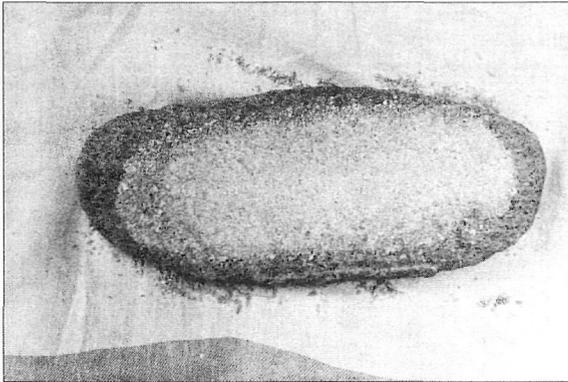


Foto 4. Procesado de trigo con un molino arqueológico. Obsérvese el salvado caído junto al molino y la concentración de la harina en el centro del artefacto.

roca metapsamítica esquistosa, esquistos psamítico con granates o conglomerado se logró nivelar c. 65 % de la superficie activa de los molinos en sólo 8-10' de abrasión. Tras esta operación, la rugosidad era similar a la observada en los molinos prehistóricos. Las superficies lisas resultaron más efectivas para la molienda, y permitieron un trabajo más cómodo (gráf. 3).

Generalmente la nivelación excesiva de la superficie se ha considerado uno de los factores que condicionan la efectividad de los molinos. Por eso se ha supuesto que determinados percutores debieron servir 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. En todo caso, es posible que con usos más prolongados la operatividad de los molinos quede limitada y requiera tratamiento. En los ejemplares prehistóricos no se observan diferencias marcadas en el acabado de las superficies activas, sino que todas presentan una rugosidad más o menos pronunciada sobre una superficie nivelada. Esto implica que, o bien el desgaste es prácticamente inexistente, o bien el acabado no es resultado del uso, sino de pequeños reacondicionamientos casi continuos debidos a ligeras pérdidas de la capacidad abrasiva. La existencia de una secuencia de desgaste material observada en los molinos apoya la segunda posibilidad.

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, durante la molienda la harina no se deslizaba por los márgenes laterales, sino que permanecía en la zona central, mientras que el salvado se desplazaba por ambas vertientes (foto 4). 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 cuando se muele 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 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 embotaba la superficie e impedía un triturado eficiente. Al trabajar con los molinos arqueológicos se observó que, con algo de práctica, es posible incluso separar el salvado durante la molienda, y la harina se puede recoger sin necesidad de tamizarla posteriormente. El hecho de que las superficies convexas mantengan el grano procesado en el centro 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 el efecto de separación entre harina y salvado no era tan perfecto como el observado en los ejemplares prehistóricos. El siguiente objetivo fue comprobar la efectividad de diferentes tipos de manos, tanto de piedra como de madera (gráf. 4). El resultado más importante fue 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) resulta significativamente más productiva. Sólo se obtuvieron índices similares, especialmente en cuanto a aprovechamiento se refiere, con el alisador de micaesquisto granatífero

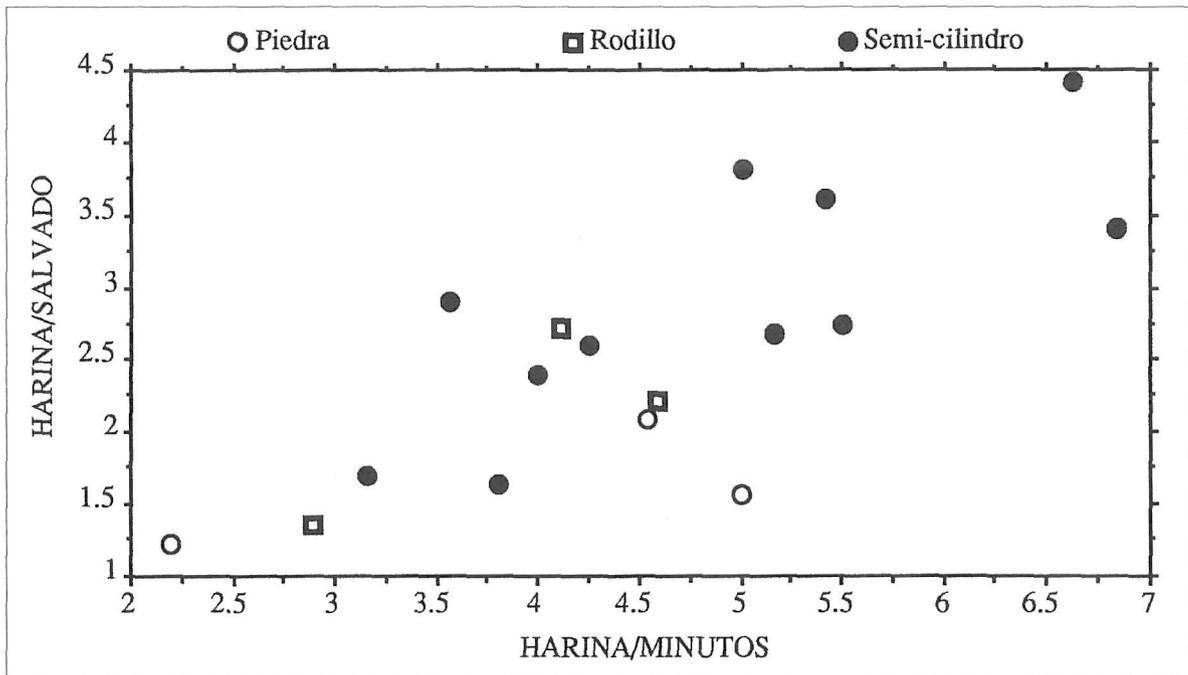


Gráfico 4. Índices de rendimiento y aprovechamiento obtenidos con los diferentes tipos de manos y con dos pasadas del cereal.

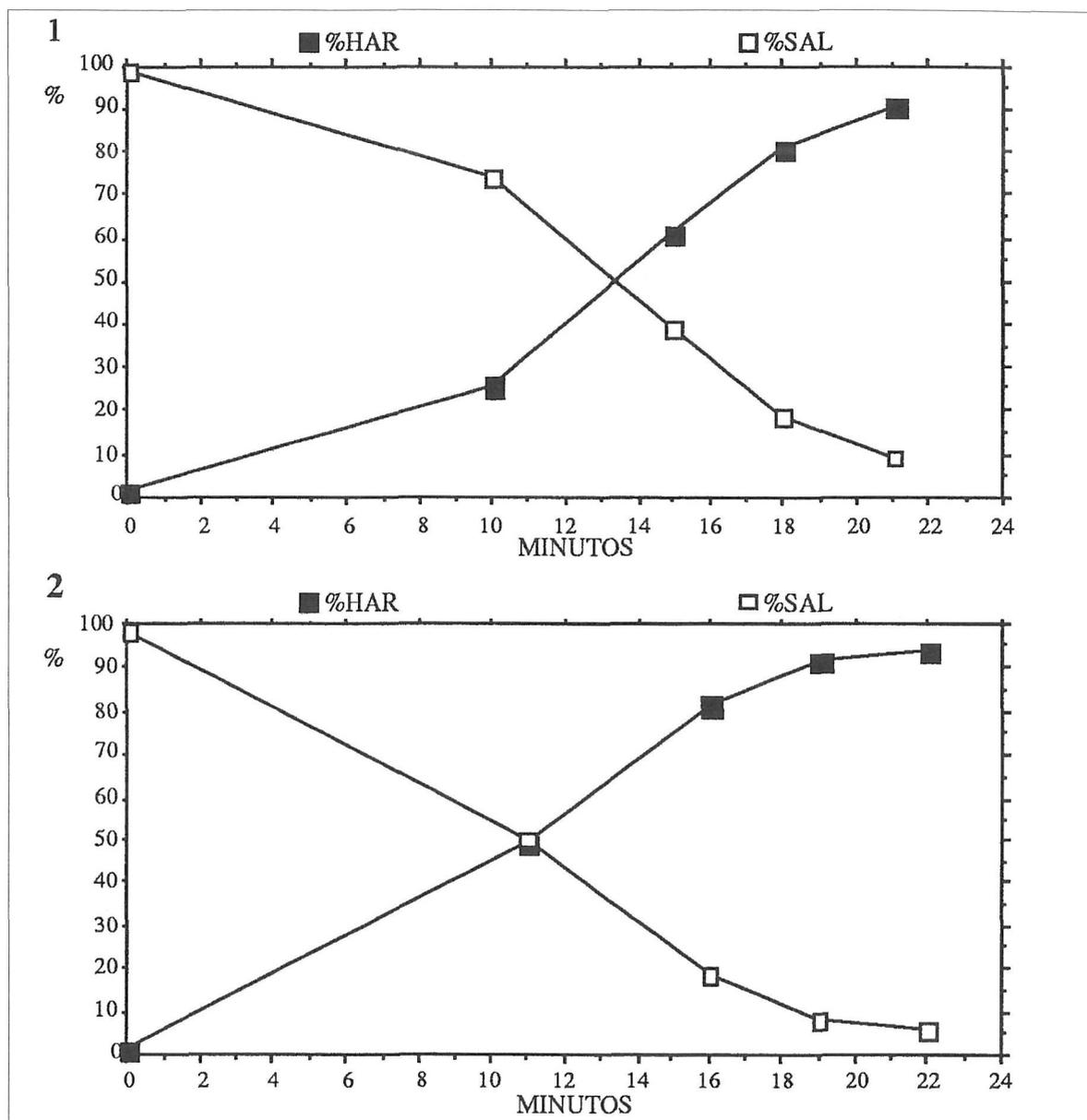
(exp. n° 3), si bien la harina era muy impura, ya que se había molido incluso gran parte del salvado. Además, cabe destacar que el pan elaborado con esta harina resultaba incomedible debido a la gran cantidad de impurezas minerales. La observación mesoscópica del producto mostró abundantes granos de moscovita, cuarzo y granates fracturados. Seguramente la tolerancia de las comunidades prehistóricas a las impurezas en la alimentación era mayor que la nuestra, como indican los estudios paleoantropológicos de dentición, pero la pronunciada escasez de alisadores de micaesquisto granatífero en asentamientos como Gatas (3 %) o Fuente Alamo (6 %) sugiere que realmente se trata de una posibilidad técnica rechazada. Los análisis de huellas de uso que comentaremos más adelante permitieron confirmarlo. Por el contrario, la harina obtenida con manos de madera era comestible y apenas contenía impurezas por desgaste del molino o de la mano.

En la mayoría de los experimentos cronometrados empleamos manos de almendro u olivo, por la

dureza de su madera. En cualquier caso, la forma semicilíndrica de mayores dimensiones era la más efectiva y cómoda de usar, ya que la superficie de contacto era mayor, y el riesgo de lesionarse, menor. En una molienda rápida, prolongada y dirigida, como la que debió 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 evidente en el caso de la transformación de la cebada, cereal con el que casi se duplican los rendimientos cuando se utilizan manos de madera (exp. n° 29-32). La importancia de este resultado es todavía mayor si tenemos en cuenta que la cebada es el cereal dominante en los yacimientos argáricos.

Otro factor que marca la diferencia entre estos dos materiales es la evolución del rendimiento del molido y del aprovechamiento del grano en sucesivas pasadas (gráf. 5). 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. En cuanto al apro-

LAS TECNOLOGÍAS DEL PROCESADO DE CEREAL



vechamiento, consideramos que en molinos preindustriales se suele transformar en harina el 70 % del grano (Grégoire 1992). Con la mano de madera se supera este nivel en la segunda pasada, mientras que utilizando instrumentos de metapsamita el nivel deseado sólo se alcanza en la tercera. 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.

Gráfico 5. Aprovechamiento del trigo utilizando manos de piedra (1) y de madera (2). Los valores corresponden a las cantidades de harina con respecto a grano y salvado obtenidas en sucesivas pasadas de una determinada cantidad de trigo.

Por otra parte, la intensidad de la molienda 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 de su valor calorífico, si bien hay también una pérdida del valor vitamínico, que es mayor en el salvado. La efectividad que se desee conseguir puede variar según la abundancia o carestía de producto en relación a población.

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, el artefacto rueda sobre los granos de cereal debido a la dureza de éstos. Por tanto, el triturado se realiza sobre todo por presión, lo que requiere un gran esfuerzo e interrumpe el ritmo de movimiento. Sin embargo, cuando las manos tienen una forma ligeramente convexa en el eje transversal garantizan un triturado y molido del grano con un menor gasto de energía y con mayor comodidad, ya que, además del movimiento de fricción longitudinal, permiten un movimiento rotatorio. La flexibilidad ligeramente mayor de la madera en relación 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.

Con respecto a los diferentes rendimientos según el tipo de cereal utilizado, se constató que el procesado de la cebada es más lento y difícil. Los rendimientos con este cereal son claramente inferiores a los obtenidos en 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 los molinos de esquisto psamítico con granates con respecto a los ejemplares de conglomerado es más pronunciada durante la molienda de la cebada. Lo mismo ocurre con el uso de manos de madera en relación a los 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 que el trigo se tritura, produciendo un sonido similar a la crepitación, la cebada es aplastada o machacada. La consistencia más blanda de ésta parece ser la causante de una mayor dificultad de molido. Sin lugar a duda, un factor importante es también el grado de humedad del grano. Otra diferencia entre los dos cereales es la relación entre la efectividad del trabajo y el número de pasadas. A diferencia del trigo, con la cebada no se obtienen mayores índices de rendimiento en la segunda pasada, pero sí aumenta el aprovechamiento del salvado, aunque sin llegar a 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 aproximadamente 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 minutos¹².

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 milenio cal ANE. Determinar el peso concreto de cada factor

12. En cualquier caso, estos valores de productividad sólo tienen sentido en el marco de este programa de experimentación concreto. Los rendimientos obtenidos por Wright (1991) oscilan entre 4,1 y 6,77 horas para 1 kg de cebada, mientras que Rummels (1981, p. 251) consiguió moler 1 kg de trigo en unas tres horas. Hersh (1981), Sumner y Meurers-Balke y Lüning (citados en Wright 1991) alcanzaron rendimientos incluso inferiores a una hora para la producción de 1 kg de harina de trigo. Salta a la vista la gran variabilidad de los resultados, reflejo no sólo de la inexperiencia de los/las arqueólogos/as, sino también de la importancia que tienen los diferentes factores técnicos en la molienda. Las mujeres Hopi de Arizona producen diariamente, con tres horas de trabajo, los aprox. 2.85 litros de harina necesarios para alimentar a una familia (Dorsey 1899, Bartlett 1933). En los molinos estatales neosumerios la producción media diaria de harina por persona era de 7 litros ó 4.5 kg. La producción media máxima que ha sido registrada es de 9.5 litros ó 6.12 kg, y la mínima, de 3.5 litros ó 2.25 kg (Grégoire 1992).

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 que 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 de la experiencia, que ninguno/a de nosotros/as tenía en un principio. Estos son factores que no siempre se tienen en cuenta en los estudios de arqueología experimental, que sólo dan a conocer las variables técnicas y cuantificables y que, por tanto, ofrecen una visión sesgada de los procesos de trabajo.

Para evaluar en la medida de lo posible las variables cuantificables 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 su superficie activa, 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 (0.448) 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^{13} . 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, 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 a la efectividad de la molienda, mientras que el tipo de molino y la 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 casi siempre 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 confirman las conclusiones extraídas de la experimentación. Hemos preferido describir por separado ambas formas de valoración debido al carácter experimental de este acercamiento a la realidad. Considerando que la molienda es un proceso variable y no mecanizado, la valoración subjetiva y la objetiva-cuantitativa se complementan.

Hacia un análisis funcional de los artefactos abrasivos

En el siguiente apartado se describirán y analizarán las huellas de uso documentadas en los artefactos abrasivos empleados en el programa de experimentación¹⁴. Las observaciones se han realizado con una lupa binocular, utilizando entre 20X y 40X. En muchos casos ha resultado más importante la

13. Los experimentos nº 1 y 3 se han excluido de los cálculos estadísticos.

14. Las huellas de uso de otros artefactos implicados en la producción y uso de los molinos se han descrito en otro lugar (Risch 1995, p. 92-117).

amplitud del campo de observación que el aumento. El objetivo ha consistido en establecer las macro-huellas observables y confirmar los resultados de los escasos trabajos previos, realizados también a escalas mesoscópicas (véase Adams 1989 y 1994). Los rasgos empíricos considerados en el análisis funcional han sido, huellas lineares (Semenov 1981), entre las que se han distinguido estrías (< 0.5mm) y rascadas (> 0.5mm), pulido (Semenov 1981), placa (Hayden 1987, p. 85-96), redondeamiento (Hayden 1979, Adams 1989), nivelado de los granos de la roca (Adams 1989), aspecto escarchado (Adams 1994), fosillas (Hayden 1987, p. 85-96, Adams 1989, 1994) y fracturas (Hayden 1979). Otro elemento importante a tener en cuenta es la descripción de la superficie activa. Más que su aspereza, que denota una calidad, se trata de determinar su microtopografía, resultado tanto del comportamiento material como de la incidencia de factores externos. En términos cualitativos resulta útil caracterizar de forma diferenciada la microtopografía alta, media y baja (Adams 1994). Por su relevancia en el estudio funcional puede ser importante determinar cuantitativamente la proporción de topografía alta en una superficie. Para este fin han resultado operativos los diagramas de estimación visual de la proporción modal de minerales en rocas, aplicados en petrografía (Dietrich, Dutro, Foose 1982). Además, es fundamental diferenciar entre el comportamiento de los minerales que componen los artefactos ante un mismo tipo de acción. En las rocas metamórficas utilizadas en el Sudeste, la presencia de varios tipos de micas (moscovita, clorita y biotita), de cuarzo, de plagioclasa y de granates, con comportamientos materiales muy diferentes, implica la descripción individualizada de los elementos funcionales observables. Esta variabilidad mineral supone una gran dificultad a la hora de determinar pautas de formación de huellas de uso generales, a la vez que refleja la importancia de la descripción petrográfica previa de la roca. Hemos observado que las diferencias en la proporción y el tamaño de los minerales pueden influir en la formación de las huellas de uso. De igual importancia es la preparación previa de las superficies activas.

Fricción de piedra contra piedra

La primera serie de análisis documenta las huellas de uso producidas por la molienda con manos de piedra. En síntesis, hemos observado que los procesos de fricción entre piedras, con o sin material vegetal no leñoso intermedio, resultan en una nivelación total del cuarzo y del granate, y sólo parcial de la mica. La pérdida de granos afecta sobre todo a la moscovita y a la clorita, mientras que los márgenes de los granates y los cuarzos pueden aparecer con fracturas. Estas diferencias en cuanto a los procesos de nivelación y pérdida de granos parecen depender de las condiciones de contacto entre materiales durante la fricción y de la propia estabilidad de la superficie activa de la roca y los granos. En general, la composición mineralógica del artefacto parece condicionar su topografía superficial. Se ha podido constatar una relación entre la proporción cuarzo/moscovita y el grado de nivelación de la superficie. Una menor proporción de mica parece resultar en una mayor nivelación de la superficie activa.

Otro elemento característico de la fricción de metapsamitas esquistosas y esquistos psamíticos sobre piedra es la formación de estrías. Sin embargo, la granulometría y la estructura planar, linear o planolinear de las rocas metamórficas estudiadas hacen que este criterio de análisis funcional sea menos visible que en los minerales máficos de las rocas ígneas compactas o isótropas. La presencia de granates en los esquistos psamíticos facilita la observación de estrías en sus superficies.

Con respecto a la topografía, también parece posible sugerir algunas pautas de comportamiento. En el caso de la fricción sobre piedra, las superficies niveladas no presentan un aspecto tan liso como en el caso del trabajo con madera, aunque la topografía alta forme una mayor proporción de la superficie activa, dado que se trata de materiales con marcado carácter psamítico. La formación de placa es otro elemento distintivo de fricción entre materiales líticos, pero debido a su aparente desprendimiento por procesos de meteorización (Hayden

1987, p. 87-89) no resulta un indicador utilizable en el análisis funcional de artefactos prehistóricos. Para ilustrar estos resultados hemos seleccionado los siguientes análisis:

Análisis 1

Artefacto: Canto de metapsamita esquistosa (ALS-1).

Acción: Fricción sobre una superficie de esquistos psamítico con granates (MOL-3).

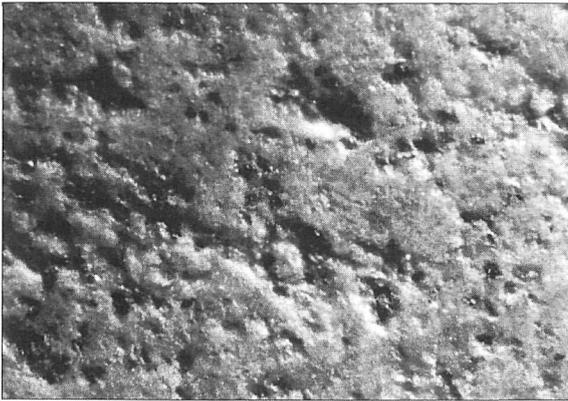


Foto 5. ALS-1. 15X.

Observación: Los granos y agregados de granos de cuarzo, plagioclasa y biotita presentan superficies niveladas, y se produce una pérdida de moscovita y clorita. La microtopografía no nivelada ocupa un 10-15 % de la superficie. En ocasiones aparecen estrías paralelas al eje longitudinal de la superficie activa, que son visibles en las superficies de agregados de cuarzo. El aspecto de la superficie es mate, y no se observa adhesión del polvo de roca. Las huellas de uso no aparecen en los intersticios.

Análisis 2

Artefacto: Mano de esquistos psamítico con granates (ALS-3), con superficie activa previamente preparada por nivelación.

Acción: Molienda de trigo sobre molino de esquistos psamítico (MOL-1).

Observación: El elemento dominante es la extracción de grano, fundamentalmente mica, y la formación de fosas, por lo que la topografía irregular

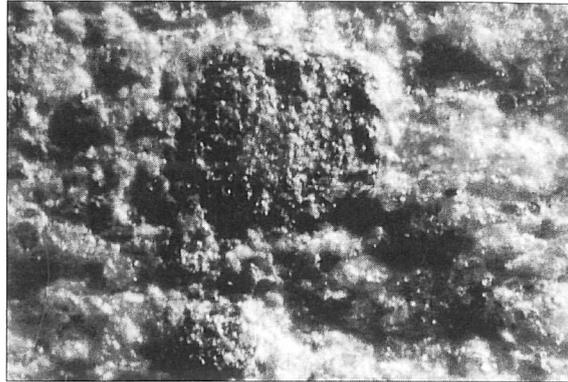


Foto 6. ALS-3. 16X.

supone el 60-65 % de la superficie. La nivelación de granos sólo afecta al cuarzo y a los granates. Sobre todo en las superficies de estos últimos son visibles estrías finas, densas y paralelas al eje longitudinal. Los granos de granate presentan, además, una fracturación y desintegración considerables, a la vez que oponen más resistencia a desprenderse de la matriz, formando puntos aislados de topografía elevada. En algunas superficies niveladas se forman placas estriadas, que deben ser restos de la nivelación previa de la cara activa.

Análisis 3

Artefacto: Molino de esquistos psamítico con granates (MOL-3).

Acción: Alisado de la superficie anversa del molino con artefactos de microgabro (PEC-2) y metapsamita esquistosa (ALS-1).

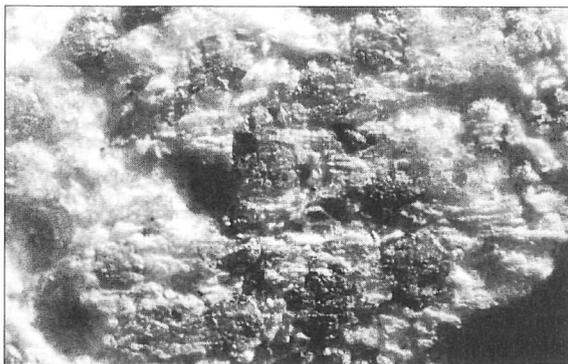


Foto 7. MOL-3. 13X.

Observación: La fricción con microgabro produjo la nivelación del 60 % de la superficie, mientras que, utilizando el alisador de metapsamita esquistosa, ésta fue ligeramente mayor (70 %). Todos los granos parecen afectados por procesos de nivelación o desprendimiento. Además, los granates presentan fracturas en los márgenes y desintegración de sus superficies niveladas. La microtopografía alta presenta estrías paralelas al eje longitudinal y densas, además de la formación ocasional de placa. Las huellas de uso no afectan a la microtopografía media y baja, y, salvo en el grado de nivelación, no se observan diferencias relacionables con las diversas geologías de los alisadores.

Fricción de madera contra piedra

Una segunda serie de análisis ha permitido documentar los rasgos característicos de una molienda con manos de madera. El hecho de que se utilizaran molinos con superficies rugosas, resultado de una preparación por percusión, y con superficies alisadas por procesos abrasivos con otras rocas, permitió observar una formación diferenciada de las huellas de uso en relación a la proporción de topografías altas y niveladas en la zona de contacto. Las pautas más destacadas en los procesos de fricción entre madera y artefactos de esquisto psamítico sin nivelación previa de la superficie o con una superficie irregular son el desgaste de la mica y el redondeamiento de los granos de cuarzo. Si, por el contrario, ha existido una nivelación previa de la superficie por medio de un proceso abrasivo con otro artefacto lítico, se produce una nivelación de la mica y el pulido de todos los granos, así como una pérdida preferencial del cuarzo. También en este caso la composición mineralógica del artefacto parece condicionar la topografía superficial. La madera, al ser de menor dureza que las rocas utilizadas, es capaz de nivelar los materiales blandos (p.e. las micas, con una dureza según Mohs de 2,5-3) y de pulir los materiales duros. A la vez, su textura más flexible supone una mayor penetración material en los intersticios, afectando a las topografías altas y

medias de la superficie, y arrancando ocasionalmente los componentes psamíticos de su matriz micácea o puliendo hasta la desaparición los propios componentes micáceos. En ninguna de las superficies sometidas a fricción con objetos vegetales leñosos se produjeron estrías o placa. Además, en la fricción con roca los granates presentan una coloración más oscura que en artefactos utilizados contra madera, caso en el que muestran una mayor transparencia, quizá debida a una elevación de la temperatura puntual. Mientras que la fricción con piedra presenta una capacidad más elevada de nivelar el grano duro, la madera produce un pulido más acentuado de las superficies, dándoles un aspecto más liso.

Análisis 4

Artefacto: Molino (MOL-1) de esquisto metapsamítico.

Acción: Fricción con manos de madera sobre molino de superficie irregular obtenida exclusivamente por percusión.



Foto 8. MOL-1. 15X.

Observación: La topografía alta de la superficie está formada por granos de cuarzo y algunos granos de biotita, a la vez que han desaparecido la moscovita y la clorita. Este desgaste, más que el desprendimiento de la mica, ocasiona huellas similares a fosillas, dejando el cuarzo en relieve. En la topografía media y baja la clorita y la mos-

covita pierden la definición de sus granos, mientras que la biotita parece algo más resistente. Este hecho se reflejaría también en la presencia o ausencia de un aspecto escarchado. Mientras que las superficies originadas exclusivamente por percusión ofrecen dicho aspecto, éste desaparece en las topografías medias y altas de superficies alisadas. Aparentemente, en este tipo de piedra el causante del aspecto escarchado es la moscovita. El cuarzo presenta un ligero redondeamiento de la superficie en las topografías altas. Además, se puede apreciar el desprendimiento de granos que quedan fijados por uso adhesivo a la superficie, mientras que, por el contrario, no se pueden identificar microfracturas, estrías o brillos producidos por el molido de cereal.

Análisis 5

Artefacto: Molino (MOL-1) de esquistos psamítico, nivelado previamente con un alisador de metapsamita esquistosa (ALS-1).

Acción: Molienda utilizando como mano un bloque de madera semi-cilíndrico.



Foto 9. MOL-1 nivelado con ALS-1. 18X.

Observación: Domina el desprendimiento y redondeamiento de los granos de cuarzo, mientras que la clorita y la moscovita presentan nivelación de sus superficies. En general, la superficie ofrece un aspecto escarchado y está nivelada sólo en un 50 %. No se detecta formación de estrías.

Análisis 6

Artefacto: Molino de esquistos psamítico con granates (MOL-3) cuya superficie ha sido alisada previamente.

Acción: Molienda de trigo y cebada con diferentes manos de madera.



Foto 10. MOL-3. 13X.

Observación: Se produce un pulido superficial de los minerales más resistentes, es decir, el granate y el cuarzo. Ambos están fuertemente agrietados, lo que les da un aspecto escarchado. Además, se observan fracturas escalonadas y checks que siguen las grietas previas, sobre todo en los márgenes de los granos. En la superficie nivelada de éstos no se observan placas, estrías, ni desintegración. El nivelado y la extracción de granos parecen afectar a las micas en la topografía alta, a la vez que se observa el desprendimiento ocasional de granate o cuarzo, que deja fosillas en la superficie. Globalmente, el 50 % de la superficie activa se ha nivelado por alisamiento previo a la molienda.

Análisis 7

Artefacto: Alisador de esquistos psamítico con granates (ALS-3).

Acción: Fricción sobre madera. Superficie previamente alisada con piedra.

Observación: La moscovita y la biotita están niveladas, a la vez que el granate presenta una superficie pulida y agrietada (tonalidad más clara), y microfracturas marginales. Los granos de cuarzo

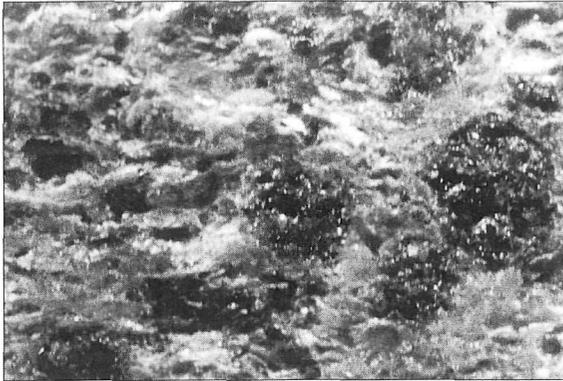


Foto 11. ALS-3. 18X.

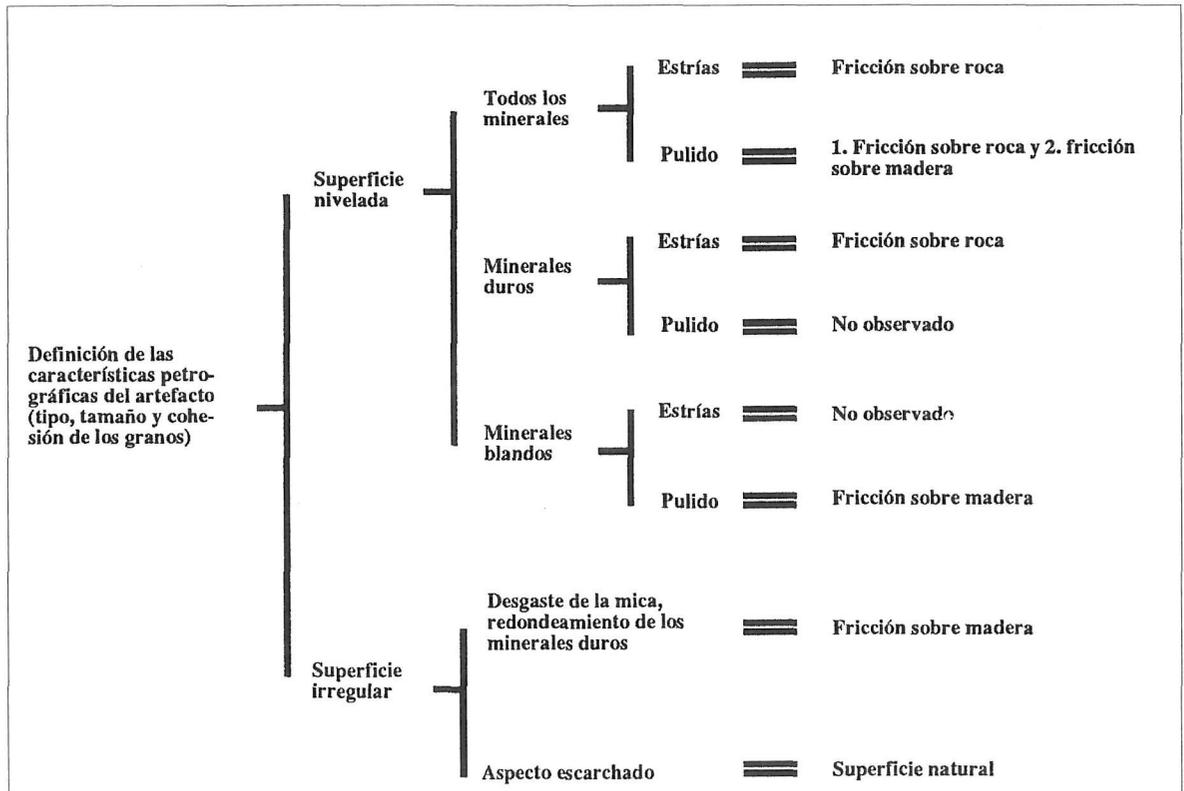
son los que sufren un mayor grado de desprendimiento de la matriz esquistosa. En microtopografías altas sus superficies también están niveladas, pero no se aprecia redondeamiento. Las placas y estrías que ya existían previamente en la superficie (ver foto 6) han quedado eliminadas. La topografía alta corresponde al 50-60 % de la superficie activa.

Las observaciones hechas en rocas metamórficas con elevados contenidos en mica se han sintetizado en forma de un modelo de interpretación provisional (gráf. 6).

Huellas de uso observadas en los molinos argácicos

El elemento funcional más visible observado en los molinos de Gatas y Fuente Alamo es la nivelación de la superficie, que afecta sobre todo a los minerales duros, como el granate y el cuarzo, y en menor medida a las micas. Sin embargo, la proporción modal de la topografía alta y nivelada es variable (10-85 %). Incluso se ha observado en muchos casos que la nivelación de la superficie activa del artefacto puede variar mucho de los extremos a la zona central.

Gráfico 6. Modelo de interpretación funcional para artefactos abrasivos de esquistos psamíticos con y sin granates.



Otro elemento es el desgaste de la moscovita y la clorita en las topografías altas y medias, que provoca la pérdida del aspecto escarchado original de la roca. Los granates y, en menor medida, los granos de cuarzo, pueden aparecer fracturados y/o agrietados. También se ha documentado su redondeamiento.

La ausencia de estrías en dirección longitudinal es un elemento generalizado en las superficies activas. Sin embargo, en particular en los ejemplares de Fuente Alamo se ha podido observar la presencia de estrías en dirección transversal. Estas aparecen sobre todo en los márgenes de la superficie activa. Por último, destaca en casi todos los casos una fuerte pérdida de grano que resulta en fosillas más o menos profundas de aspecto escarchado localizadas en toda la cara anversa excepto en sus extremos superior e inferior. Estas huellas se suelen superponer a las de nivelado.

Análisis 8

Artefacto: Molino de esquisto psamítico con granate (MOL-FA-2).



Foto 12. MOL-FA-2 : Zona central de la superficie activa. 15X.

Observación: Las superficies del granate y del cuarzo están niveladas, y ofrecen un aspecto escarchado, debido sobre todo a un agrietamiento de los granos. Este agrietamiento resulta a su vez en fracturas en los márgenes de éstos. En cambio, no es posible detectar estrías, placa, ni desintegración del grano. Los procesos de desgaste y pérdida de granos

parecen afectar sobre todo a las micas. Puntualmente se observan fosillas resultantes del desprendimiento de granos de granate o de cuarzo. En general, la superficie activa del molino ha sido nivelada en un 50 %. Algunas de las zonas marginales presentan una superficie más nivelada que el resto.

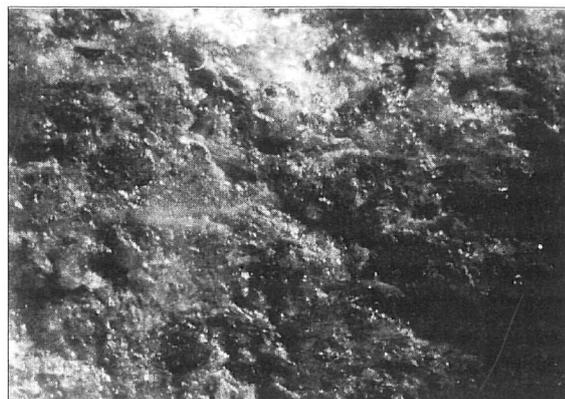


Foto 13. MOL-FA-2 : Zona marginal de la superficie activa. 15X.

La variedad de huellas de uso descritas, que se repite de una forma bastante estandarizada, pone de manifiesto que se trata del resultado de diferentes acciones. De acuerdo con el modelo propuesto (gráf. 6), la nivelación de los granos de granate y cuarzo respondería a fricción con piedra. La misma actividad daría cuenta de la fracturación de estos minerales, así como de las ocasionales estrías transversales con respecto al eje longitudinal de la superficie activa. Por otra parte, la escasez de estrías en la zona central y, sobre todo, la ausencia de estrías longitudinales, además del desgaste de las micas en topografías altas y medias y el redondeamiento del cuarzo y el granate apuntan a una fricción contra un material más blando, como la madera. En último lugar, la presencia de fosillas y fracturas es un claro indicador de actividades de percusión. Estas actividades producen las diferencias observadas en cuanto a la proporción modal de la topografía alta y nivelada en las superficies activas.

Nos encontramos, pues, ante evidencias que sugieren que sobre los molinos se realizaron diversas acciones. Mientras que los análisis funcionales confirman la hipótesis de una fricción contra

madera para la molienda de cereal, las huellas derivadas de la fricción y percusión con piedra pueden ser resultado del *uso* y/o del *mantenimiento* del molino. Por lo tanto, es necesario elaborar un modelo explicativo y funcional que dé cuenta tanto de los artefactos de molienda, como de los instrumentos aparentemente asociados a ellos.

Las pruebas experimentales indican que la forma y la rugosidad de la superficie activa de los molinos no son el resultado directo y exclusivo de su uso, sino que responden a un diseño intencionado y consciente. Una superficie ligeramente convexa en el eje menor y parcialmente alisada es más efectiva que una cóncava o recta e irregular. En este sentido, la nivelación parcial y las estrías transversales podrían deberse al mantenimiento de superficies excesivamente rugosas o irregulares. Por otra parte, la distribución e intensidad uniforme de las huellas de piqueteado en las superficies activas apoya la idea de su reacondicionamiento después de un determinado desgaste. Por lo tanto, la efectividad de la superficie de molienda está en estrecha relación con una forma y una rugosidad específicas, que era necesario recuperar tras determinados procesos o tiempos de trabajo.

Se han registrado percutores y alisadores con señales de haber sido utilizados sobre un soporte duro, aunque la morfología y las huellas de uso de las superficies activas de los segundos no se ajustan a un uso como manos. Estos soportes pueden haber sido lo que denominamos losas de trabajo, registradas en muchos pisos de ocupación. Sin embargo, para los artefactos de molienda tampoco puede excluirse un modelo multifuncional en el que el procesado de cereal sea el uso dominante y el que determine su morfología. De esta manera, es necesario un mantenimiento constante del molino después de cada cambio funcional experimentado o tras un desgaste excesivo. En pocos minutos de alisado y posterior percusión es posible recuperar la superficie más efectiva para el molido de cereal. Este parece ser de momento el modelo de mayor valor explicativo para dar cuenta de la morfología y las huellas de uso de los molinos.

Los artefactos de molienda en su contexto económico y social

La combinación de trabajos de experimentación con análisis funcionales de los artefactos experimentales y arqueológicos ha puesto de manifiesto que el procesado de cereal en las comunidades argáricas tiene unas implicaciones tecnológicas bastante más complejas de lo supuesto hasta ahora. Tanto las variables morfométricas como el soporte geológico y el estado de la superficie activa responden a una selección, una preparación y un mantenimiento específicos y estandarizados. Asimismo, parece que la utilización de manos de madera formó parte de este conjunto de mejoras técnicas, destinadas a garantizar una molienda de cereal más efectiva en el sentido de un aumento del rendimiento del trabajo y del aprovechamiento del grano.

El desarrollo de unas tecnologías de molienda especializadas está relacionado con una nueva forma de gestionar los artefactos implicados y las actividades de producción asociadas a ellos. Así, a nivel territorial destaca la escasa presencia de molinos en yacimientos argáricos de llanura como Almendricos (Ayala 1991, p. 72), Los Cipreses (Lorca, Murcia) o Loma del Tío Ginés (Puerto Lumbreras, Murcia)¹⁵, mientras que aparecen cientos en superficie y en las excavaciones de los grandes asentamientos de altura (p.e. Gatas, Fuente Alamo, Cabezo Negro). Además, en el interior de estos asentamientos se han identificado grandes estructuras, que podemos denominar «talleres», con hasta 17 artefactos de molienda en su interior, como ocurre en La Bastida (Lull 1983, p. 319).

Los molinos pueden estar situados sobre banquetas (Cabezo Negro) o directamente en el suelo (Fuente Alamo, Gatas), y se encuentran separados unos de otros y en estado operativo, lo que parece mostrar que en estos espacios trabajaron simultáneamente

15. Agradecemos a Andrés Martínez Rodríguez y a Consuelo Martínez Sánchez habernos proporcionado esta información.

hasta más de diez personas. En los mismos se pueden encontrar también vasijas de almacenamiento con cereal, pesas de telar y otros instrumentos de trabajo líticos, óseos y cerámicos, relacionados con la molienda, el tejido y otras actividades. Además, se conocen espacios de almacenamiento de instrumentos de trabajo. Así ocurre en Fuente Alamo, donde una habitación parcialmente excavada contenía 22 molinos dispuestos en varias pilas con la cara activa hacia abajo.

Los medios de trabajo acumulados en estos talleres de los asentamientos argáricos de altura superan ampliamente las necesidades productivas de comunidades autosuficientes. Los cálculos estimativos realizados a partir de paralelos etnográficos, observaciones arqueológicas y densidad de molinos documentados hasta el momento en Gatas y Fuente Alamo muestran que tres horas de trabajo diario serían suficientes para abastecer a alrededor de mil personas durante los siglos finales de El Argar (c. 1850-1550 cal ANE). El número medio de molinos disponibles en cada momento de la ocupación de Fuente Alamo es de 425; en Gatas, el número mínimo de molinos en estado operativo calculado para la última fase argárica es de 441 (Risch 1995, p. 559). Estos valores son aproximativos, pero ponen de manifiesto que la capacidad productiva de estos instrumentos supera en tal medida las necesidades locales que resulta incluso imposible admitir que hubieran estado en funcionamiento a tenor de la población estimada para estos asentamientos (p.e. 150-200 personas por Ha).

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Assumpció Vila, Ignacio Clemente y Juan Gibaja del Laboratori d'Arqueologia de la Institució Milà i Fontanals del C.S.I.C. y a Jenny Adams de la Universidad de Arizona el apoyo prestado para la realización de los análisis funcionales de los restos macrolíticos. Gracias a Pilar Hernando fue posible transformar en panes la harina obtenida durante las experimentaciones. Vicente Lull, Rafael Micó, María Encarna Sanahuja y Assumpció Vila realizaron valiosos comentarios sobre una primera versión de este texto. Este trabajo se enmarca en las líneas de investigación potenciadas desde el «Proyecto Gatas: Sociedad y Economía en el sudeste de España, 2500-850 a.n.e.», financiado por la Junta de Andalucía, el «Grup d'Arqueoecologia Social Mediterrània» de la CIRIT – Generalitat de Catalunya. Roberto Risch es investigador adscrito al programa Ramón y Cajal del Ministerio de Ciencia y Tecnología.

En torno a esta problemática cabe plantear la relación entre los grandes centros de altura y las comunidades de los valles. Así, es interesante destacar que en la Depresión de Vera (Almería) existe una relación inversa entre el tamaño de los asentamientos y el potencial agrícola disponible en sus alrededores (Risch 1995). Con carácter de hipótesis sugerimos que, igual que ocurre con la explotación de otros recursos, como las materias primas líticas, el cultivo cerealista se realizaba en las zonas bajas, mientras que el procesado del cereal tenía lugar en los asentamientos centrales con toda la fuerza de producción disponible en un territorio más o menos extenso. No sólo el número de artefactos, sino también el hecho de que hasta un elevado porcentaje de los molinos estuviese almacenado en algunos momentos o espacios sugiere que la fuerza de trabajo utilizada no era constante ni local.

Esta forma de organizar social y espacialmente los recursos naturales, la fuerza de trabajo y los medios de producción permite caracterizar la base económica del grupo arqueológico de El Argar como un *sistema de producción vertical*, que explica la generación por parte de amplios sectores de la población de los excedentes amortizados por la clase dominante del Estado argárico (Lull, Risch 1996). Puesto que la mayor parte de la producción subsistencial se canalizó a través de los instrumentos de molienda, su análisis morfotécnico y espacial se muestra como una herramienta de primer orden para comprender los sistemas de producción prehistóricos.

RESUMEN

Los análisis arqueológico, experimental y funcional de los instrumentos de molienda argáricos muestran que a finales del III milenio ANE se produce, en el sudeste de la península Ibérica, un cambio tecnológico importante con respecto al periodo anterior. El análisis de las superficies pasivas de los molinos y el programa experimental han puesto de manifiesto el escaso esfuerzo necesario para su preparación cuando la materia prima seleccionada se ajusta a los parámetros deseados. El mayor tiempo de producción corresponde a la selección de clastos altamente normalizados desde el punto de vista morfométrico y mineralógico. En este sentido, es importante destacar la insuficiencia de un acercamiento exclusivamente petrográfico a la problemática de la apropiación de rocas por las comunidades prehistóricas. Esta estrategia de reducción de los costos de producción con respecto al periodo anterior no implica un descenso de la productividad de los instrumentos de trabajo. Por el contrario, la estandarización del soporte material y de la morfometría de las superficies activas aumenta, lo que indica un uso más especializado y una molienda más normalizada. Esta transformación de los medios de producción supone la aparición de molinos alargados y estrechos, con superficies activas convexas en el perfil transversal, con un nivel de rugosidad preparado intencionadamente, y que son utilizados con manos de madera. Esta alternativa técnica desempeñó un papel de primer orden en el desarrollo de la producción excedentaria del estado argárico (2250-1550 ANE).

ABSTRACT

The archaeological, experimental and functional analyses of Argaric grinding stones show that an important technological change took place in south-east Spain at the end of the third millennium BC. Analysis of the 'passive' surfaces, as well as experimental tests, show clearly how little effort was required for the shaping of stones, when the chosen raw material corresponded to the desired parameters. The main production time was devoted to selecting clasts with a highly standardized form and mineralogy. In this sense the weaknesses of a purely petrological approach towards prehistoric raw material exploitation become clear. This strategy of reducing the production 'costs' by comparison with the previous period did not imply a reduction in the productivity of the means of production. On the contrary, the standardization of the raw materials and the morphometry of the 'active' surfaces increased and implied a more specialized use and a more standardized grinding. This transformation of the means of production led to the emergence of long and narrow grinding stones, with convex transversal profiles, intentionally prepared roughness, which were worked mainly with wooden grinders. This alternative grinding technique was of prime importance for the development of the surplus production of the Argaric state (2250-1550 BC).

Bibliografía

- ADAMS J. L. 1988, Use-wear analyses on Manos and Hide-processing Stones, *JFA* 15, p. 307-15.
ADAMS J. L. 1989, Methods for improving ground stone artifacts analysis: experiments in mano wear patterns, in AMICK D. S., MAULDIN R. P. (eds), *Experiments in Lithic Technology*, Oxford, p. 259-81.
ADAMS J. L. 1993, Towards understanding the technological development of manos and metates, *Kiva* 58.3, p. 331-344.

- ADAMS J. L. 1994, Mechanisms of wear on ground stone surfaces, *Pacific Coast Archaeological Society Journal* (e.p.).
- AYALA M. M. 1991, *El poblamiento Argárico en Lorca – estado de la cuestión*, Murcia.
- BARTLETT K. 1933, *Pueblo Milling Stones of the Flagstaff region and their relation to others in the Southwest*, Flagstaff.
- BASS G. F. 1967, *Cape Gelidonya: A Bronze Age Shipwreck*, Philadelphia.
- CASTRO P., CHAPMAN R., COLOMER E., GILI S., GONZALEZ MARCEN P., LULL V., MICO R., MONTON S., RIHUETE C., RISCH R., RUIZ PARRA M., SANAHUJA M. E., TENAS M. 1993, Proyecto Gatas: Sociedad y economía en el sudeste de España c. 2500-900 cal ANE, in *Investigaciones Arqueológicas en Andalucía, 1985-1992, Proyectos*, p. 401-416.
- CASTRO P., CHAPMAN R., GILI S., LULL V., MICO R., RIHUETE C., RISCH R., SANAHUJA M. E. 1999, *Proyecto Gata 2: La dinámica arqueoecológica de la ocupación prehistórica*, Sevilla.
- CASTRO P., LULL V., MICO R. 1996, *Cronología de la Prehistoria Reciente de la Península Ibérica y Baleares (c. 2800-900 cal ANE)*, B.A.R, Int. ser. 652, Oxford.
- CHAPMAN R. 1990, *Emerging complexity. The later prehistory of south-east Spain, Iberia and the west Mediterranean*, Cambridge.
- CLAPHAM A. J., JONES M. K., REED J., TENAS I BUSQUETS M. 1999, Análisis carpológico del proyecto Gatas, in CASTRO P. et al. 1999, p. 311-319.
- DIAZ DEL CASTILLO B. 1992, *Historia verdadera de la conquista de la Nueva España*, Madrid.
- DIETRICH R. V., DUTRO J. T., FOOSE R. M. 1982, *AGI Data Sheets for Geology in the Field, Laboratory, and Office*, American Geological Institute, Virginia.
- DORSEY G. A. 1899, The Hopi Indians of Arizona, *Popular Science Monthly* 55, p. 732-750.
- FARRUGGIA J. P., KUPER R., LÜNING J., STEHLI P. 1978, *Der bandkeramische Siedlungsplatz Langweiler 2*, Bonn.
- GONÇALVES V. S. 1989, *Megalitismo e Metalurgia no Alto Algarve oriental*, Lisboa.
- GONZALEZ MARCEN P., LULL V., RISCH R. 1992, *Arqueología de Europa, 2250-1200 A.C. Una introducción a la edad del Bronce*, Madrid.
- GREGOIRE J.-P. 1992, Les grandes unités de transformation des céréales: l'exemple des minoteries de la Mésopotamie du sud à la fin du III^e millénaire avant notre ère, in ANDERSON P. C. (ed.), *Préhistoire de l'agriculture: nouvelles approches expérimentales et ethnographiques*, Paris, p. 321-339.
- HAYDEN B. (ed.) 1987, *Lithic studies among the contemporary Highland Maya*, Tucson.
- HERSCH T. L. 1982, *Grinding stones and food processing techniques of the neolithic societies of Turkey and Greece: statistical, experimental and ethnographic approaches to archaeological problem-solving*, Ann Arbor.
- HOPF M. 1991, Kulturpflanzenreste aus der Sammlung Siret in Brüssel, in SCHUBART H., ULREICH H., Die Funde der Südostspanischen Bronzezeit aus der Sammlung Siret, *Madriider Beiträge* 17, p. 397-413.
- HORSFALL G. A. 1987, Design Theory and grinding stones, in HAYDEN B. (ed.) 1987, p. 323-377.
- HOWARD J. L. 1993, The statistics of counting clasts in rudites: a review, with examples from the Upper Paleogene of Southern California, USA, *Sedimentology* 40, p. 157-174.
- KRAYBILL N. 1977, Pre-agricultural tools for the preparation of foods in the Old World, in REED I. (ed.), *Origins of agriculture*, The Hague, p. 485-521.
- KULL B. 1988, *Demircihüyük: Die Mittelbronzezeitliche Siedlung*, Maguncia.
- LULL V. 1983, *La cultura de El Argar. Un modelo para el estudio de las formaciones económico-sociales prehistóricas*, Madrid.
- LULL V., ESTEVEZ J. 1986, Propuesta metodológica para el estudio de las necrópolis argáricas, in *Homenaje a Luis Siret (1934-84)*, Sevilla, p. 441-452.
- LULL V., RISCH R. 1996, El Estado Argárico, *Verdolay* 7, p. 97-109.

MOUDRE ET BROYER - I

- MCCARTHY F. D. 1976, *Australian aboriginal stone implements*, Sydney.
- MALUQUER DE MOTES J., GRACIA ALONSO F., MUNILLA CABRILLANA G. 1990, *Alto de la Cruz (Cortes, Navarra), campañas 1986-1988*, Pamplona.
- MATTHIAE P. 1982, Fouilles de Tell-Mardikh-Ebla, 1980: le Palais Occidental de l'époque amorrhéenne, *Akkadica* 28, p. 43-65.
- MICÓ R. 1993, *Pensamientos y prácticas en las arqueologías contemporáneas: normatividad y exclusión en los grupos arqueológicos del III y II milenios cal ANE en el sudeste de la península ibérica* (tesis doctoral, Barcelona).
- NELSON M., LIPPMEIER H. 1993, Grinding-tool design as conditioned by land-use pattern, *American Antiquity* 58, p. 286-305.
- NORDQUIST G. C. 1987, *A Middle Helladic village: Asine in the Argolid*, Uppsala.
- RISCH R. 1995, *Recursos naturales y sistemas de producción en el Sudeste de la Península Ibérica entre 3000 y 1000 ANE*, tesis doctoral, Universidad Autónoma de Barcelona.
- RISCH R. 2002, *Recursos naturales, medios de producción y explotación social*, Mainz.
- RISCH R., RUIZ M. 1995, Distribución y control territorial en el Sudeste de la Península Ibérica durante el tercer y segundo milenio a.n.e., *Verdolay* 6, p. 77-87.
- RUIZ M., RISCH R., GONZALEZ MARCEN P., CASTRO P., LULL V. 1992, Environmental exploitation and social structure in prehistoric southeast Spain, *Journal of Mediterranean Studies* 5.1, p. 3-38.
- RUNNELS C. N. 1981, *A diachronic study and economic analysis of millstones from the Argolid, Greece* (Ph.D. dissertation, Indiana University).
- SANTA-OLALLA J. M., SAEZ MARTIN B., POSAC MON C. F., SORPRENIS SALTO J. A., VAL CATURLA E. 1947, *Excavaciones en la ciudad del bronce mediterráneo II de la Bastida de Totana (Murcia)*, Madrid.
- SCHLANGER S. H. 1991, On manos, metates, and the history of site occupations, *American Antiquity* 56, p. 460-474.
- SCHUBART H., ARTEAGA O., PINGEL V. 1986, Fuente Alamo: Vorbericht über die Grabung 1985 in der bronzezeitlichen Höhensiedlung, *Madriider Mitteilungen* 27, p. 27-63.
- SCHUBART H., ARTEAGA O., PINGEL V. 1989, Fuente Alamo: Vorbericht über die Grabung 1988 in der bronzezeitlichen Höhensiedlung, *Madriider Mitteilungen* 27, p. 76-91.
- SCHUBART H., ARTEAGA O., PINGEL V. 1993, Fuente Alamo: Vorbericht über die Grabung 1991 in der bronzezeitlichen Höhensiedlung, *Madriider Mitteilungen* 27, p. 1-12.
- SCHUBART H., PINGEL V. 1995, Fuente Alamo: eine bronzezeitliche Höhensiedlung in Andalusien, *Madriider Mitteilungen* 36, p. 150-164.
- SCHUBART H., PINGEL V., ARTEAGA O. 2001, *Fuente Alamo 1: Die Grabungen von 1977 bis 1991*, Mainz.
- SIRET L., SIRET H. 1890, *Las primeras Edades del Metal en el Sudeste de España*, Barcelona.
- STIKA H. P. 1988, Botanische Untersuchungen in der bronzezeitlichen Höhensiedlung Fuente Alamo, *Madriider Mitteilungen* 29, p. 21-76.
- WRIGHT M. K. 1991, The origins and development of ground stone assemblages in Late Pleistocene Southwest Asia, *Paléorient* 17.1, p. 19-45.
- WRIGHT M. K. 1993, Simulated use of experimental maize grinding tools from Southwestern Colorado, *Kiva* 58, p. 345-355.
- YOHE R. M., NEWMAN M. E., SCHNEIDER J. S. 1991, Immunological identification of small-mammal proteins on aboriginal milling equipment, *American Antiquity* 56, p. 659-666.
- ZIMMERMANN A. 1988, Steine, in BOELICKE U. et al., *Der bandkeramische Siedlungsplatz Langweiler 8, Gemeinde Aldenhoven, Kr. Düren*, Bonn.

MOUDRE ET BROUYER

Ouvrage dirigé par
HARA PROCOPIOU
et RENÉ TREUIL

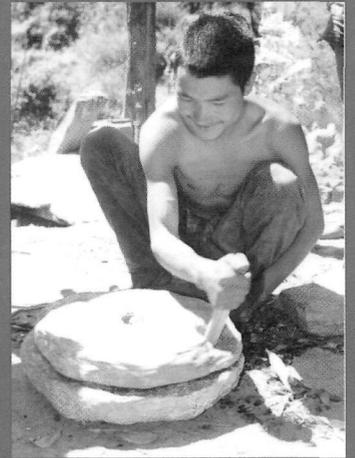
I - MÉTHODES

La farine moulue aux meules est aujourd'hui un argument de vente efficace des pains dits traditionnels. Les outils et les techniques de broyage et de mouture ont donc toujours joué un rôle important dans la préparation de la nourriture.

Mais on s'aperçoit de plus en plus qu'ils ont servi à bien d'autres usages et que leur histoire est riche et complexe. Certains animaux savent déjà concasser des noix. L'homme, lui, n'a jamais cessé de perfectionner ses outils et de les adapter à de nouveaux usages. Chaque époque a donc «ses» meules, qui reflètent son niveau technique, ses capacités d'emprunt ou d'innovation et ses conditions socio-économiques. Les méthodes scientifiques modernes révèlent en outre, par-delà la simplicité des outils, la diversité des matières (colorants, minerais...) qui ont pu être traitées et la variété parfois insoupçonnée des produits qui en ont été tirés.

Elles nous font enfin pénétrer – et c'est le plus inattendu – dans l'organisation de chaque société: ce sont d'abord les femmes qui actionnent les meules à va-et-vient, souvent en s'aidant de chants rythmiques; mais les meules rotatives, qui permettent une productivité accrue et un changement d'échelle, sont prises en charge par des hommes...

Diverses voies d'approche sont illustrées dans ce tome I: études pétrographiques sur les roches utilisées, examen des traces d'utilisation et analyses de résidus, approche expérimentale, démarches ethnologique et ethnoarchéologique.



ISBN: 2-7355-0502-2
SODIS: F 30453-7



30 €