
PRIMERA PART

CAPÍTOL 2. METODOLOGIA

1. EL MARC TEÒRIC: EL SISTEMA LÒGIC ANALÍTIC

La nostra recerca pren com a referència teòrica i metodològica el Sistema Lògic Analític (SLA) (Carbonell *et al.*, 1983; Carbonell *et al.*, 1992; Carbonell *et al.*, 1995b). El marc conceptual general del SLA té un marcat caràcter de ruptura amb l'empirisme i el subjectivisme tradicionals, i aporta el mètode analític, la lògica històrica i la dialèctica a la investigació prehistòrica. El registre es llegeix de forma sistemàtica i processual, ja que es considera que existeix una lògica que relaciona tots els seus components. Per aquest motiu, la nostra anàlisi ha de centrar-se en les associacions d'aquests components i en les seqüències lògiques (presents o absents) de les quals són producte.

En el marc del SLA s'ha elaborat un esquema teòric per l'anàlisi i la interpretació dels conjunts litotècnics, dins el qual s'estableixen les següents categories de conceptes, del concret al general¹:

- a. Conceptes relatius a la fase constructiva de l'estudi de la tecnologia lítica. Ens referim a les categories estructurals que el SLA proposa per situar cada objecte en la seqüència de producció.
- b. Conceptes descriptius, analítics, que permeten caracteritzar els atributs dels objectes.
- c. Conceptes explicatius, establerts per definir i valorar qualitativament els conjunts industrials.
- d. Conceptes situats en el nivell de la sistemàtica, també explicatius, ideats per estructurar el nostre coneixement del passat.

¹ La present síntesi del marc teòric del SLA està extreta de l'estudi de la indústria lítica del jaciment de Galería, inclòs en la monografia d'aquest jaciment (Carbonell *et al.*, 1999b).

En el nivell més general (d), tenim un esquema operatiu jerarquitzat, on s'estructuren els processos antròpics que organitzen les associacions en el registre. En el vèrtex de la piràmide, hi situem la inferència que ens hem marcat com a objectiu bàsic: la interpretació de la Unitat Ecosocial (conjunt de relacions entre els sistemes productius d'una comunitat i el seu entorn), dins la qual s'ha desenvolupat un grup humà. "El funcionament del grup es realitza a través d'activitats psicomaterials encaminades a la interacció amb el medi - sistemes de producció, intercanvi i transformació -, que denominarem Sistemes Operatius. Cada Sistema Operatiu està constituït per una sèrie de Cadenes Operatives, que són la materialització de cada programa d'actuació en el medi. És a dir, són activitats amb un principi i un fi definits prèviament a la seva posada en marxa. (...) Normalment, la consecució d'una cadena operativa necessita l'activació i seqüenciació d'una altra sèrie d'activitats, de rang menor i igualment predefinides: els Temes Operatius" (Carbonell *et al.*, 1995b: 450).

Aquests Temes Operatius, en el cas de l'estudi de la indústria lítica, tenen un fort component tècnic, ja que són pròpiament els mètodes d'elaboració de l'instrumental. Estan formats, a la vegada, per una sèrie d'unitats menors, les Unitats Operatives Tècniques, que són les fases específiques en la producció d'aquest instrumental (explotació i configuració a diversos nivells, juxtaposició d'elements, etc). Per acabar, les unitats bàsiques d'aquest sistema són la Selecció i la Interacció, factors comuns a tota acció o activitat.

Dins el marc analític, en primer lloc, hi ha una sèrie de conceptes constructius (a) que ens permeten sistematitzar teòricament la dinàmica tècnica, en base a la disposició dels objectes en funció de llur situació dins l'encadenament d'accions que constitueixen un sistema de producció. Així, depenent de la posició que ocupa cada objecte en la seva seqüència morfogènica o de producció, se li assigna una Categoria Estructural, (Carbonell *et al.*, 1983). Aquesta seqüència comença amb la selecció de dos objectes o Bases Naturals (Bn). En posar-les en interacció (procés de talla), apareixen una sèrie de negatius en la que s'utilitza com a matriu, i del procés en resulten dues categories noves d'objectes: les Bases Negatives de Primera Generació (BN1G) - que conserven els negatius de les extraccions- i les Bases Positives de Primera Generació (BP1G) - els objectes que s'han després de la matriu. Aquest esquema es pot repetir diverses vegades, ja que prenent una d'aquestes BP1G i tornant-hi a intervenir, ens apareixen una nova Base Negativa, de segona generació (BN2G) en aquest cas, i unes noves ascles que se n'han després (BP2G). L'esquema descrit es pot repetir diverses vegades, i ens permet reconstruir de forma processual qualsevol seqüència de producció lítica.

A l'atribució dels objectes a una de les fases d'aquesta seqüència, afegim el caràcter que tenen quant a les seqüències d'explotació i configuració. D'aquesta manera, tenim suports d'explotació, ja sigui en primera o segona generació (BN1GE i BN2GE), així com suports configurats (BN1GC i BN2GC). En determinats registres,

aquesta distinció és important, tant pel pes que poden tenir els objectes configurats en primera generació (BN1GC) com per l'exploració a partir de grans ascles (BN2GE).

A un nivell més descriptiu (b), dins el marc analític, els elements que articularan l'anàlisi de l'artefacte lític són el Morfotècnic, el Morfopotencial i el Morfofuncional (Carbonell *et al.*, 1992). El primer respon al conjunt de caràcters tècnics que s'han generat en el seu procés d'elaboració i que queden reflectits en la seva morfologia final. El segon element ens aporta informació relativa a la capacitat teòrica d'interacció de la morfologia estudiada (Airvaux, 1987). El tercer, finalment, fa referència a la forma concreta en què l'objecte ha estat utilitzat. Aquests tres elements han estat desenvolupats de forma diferencial: el morfopotencial s'ha tractat de forma àmplia i sistemàtica, el morfofuncional disposa també de treballs específics tant teòrics com aplicats, mentre que el morfopotencial ha restat el menys desenvolupat.

En aquest sentit, el que hem anomenat nivell explicatiu (c), s'han desenvolupat essencialment els aspectes relatius a la morfogènesi dels instruments. Amb la intenció de sistematitzar les observacions referents als processos i seqüències d'exploració i configuració estudiats, s'utilitzen les matrius morfogenètiques (Carbonell *et al.*, 1992; Carbonell *et al.*, 1994). En aquestes, s'estableixen les relacions genètiques entre els objectes i s'individualitza cadascun dels processos d'elaboració. Cadascun d'aquests constitueix un Tema Operatiu Tècnic (Carbonell *et al.*, 1995b). La relació entre els diferents TOT identificats ens mostra la presència o absència de categories d'objectes en un registre, informació essencial per la reconstrucció dels processos que s'han portat a terme en un centre d'intervenció.

Dins dels sistemes tècnics de producció, es distingeixen dues estratègies bàsiques: els Temes Operatius Tècnics Directes i els Indirectes. Els primers es caracteritzen per un procés dirigit a la modificació de la base negativa suport, essent aquesta l'objectiu de la configuració. Els TOT Indirectes són aquells la finalitat dels quals és obtenir productes (Bases Positives) a través de l'exploració d'una matriu (Base Negativa) per ser directament utilitzats o destinats a sèries de configuració.

El nostre estudi està específicament dirigit a l'aspecte morfofuncional, però contempla en tot moment aquesta "dinàmica tripolar" definida des del SLA. Així, recollim i ens basem en els principals trets morfotècnics del material estudiat (sense entrar de forma detallada en aquesta part de l'anàlisi), desenvolupem la caracterització morfopotencial proposada en anteriors treballs (Ollé, 1996; Vergès, 1996), i la posem en relació amb la informació funcional recollida.

2. LA CARACTERITZACIÓ DE L'ELEMENT MORFOPOTENCIAL

Airvaux (1987) defineix el terme *potencialitat* com l'aptitud d'una morfologia per penetrar en la matèria. Anomena *potencial morfodinàmic* a la conjunció de forma i moviment implicats en la interacció objecte actiu – objecte passiu. Considera que els instruments tenen una *estructura orgànica*, terme que utilitza per a designar el mode d'organització dels subconjunts que els componen, és a dir, les unitats amb una determinada potencialitat d'interacció presents en ells.

Airvaux utilitza principis geomètrics i de trigonometria per reconèixer les propietats de les morfoestructures, i arriba a una modelització i a una quantificació del potencial. La morfologia del subconjunt s'assimila a un model tridimensional, la forma geomètrica en la qual s'inscriu, que, bàsicament, són el diedre, el triedre i la piràmide (tot i que existeixen altres models derivats).

Entesa així, l'anàlisi del potencial té una part quantitativa basada en els valors dels angles i en la relació entre aquests. En el nostre treball, no hem desenvolupat aquesta vessant quantitativa, sinó que s'ha desviat l'esforç cap a la caracterització dels models morfopotencials identificats, adaptant un sistema d'anàlisi similar a l'emprat en l'estudi morfotècnic. En gran mesura, l'adopció d'aquesta línia, més qualitativa, es deu a la voluntat de relacionar aquests aspectes amb la informació procedent de l'anàlisi funcional.

Les aportacions del nostre treball en aquest sentit se centren en dos aspectes principals: la caracterització de les unitats morfopotencials i l'establiment de models en base a la forma en què aquestes s'associen. Una unitat morfopotencial es pot definir com un segment del perímetre de l'objecte amb unes característiques morfològiques unitàries, que es diferencia dels segments contigus per una forta discontinuïtat (p.ex. canvi de lateral) o per algun dels atributs més importants (angle, delineació, corticalitat, etc). Els atributs a tenir en compte es troben resumits a la taula 2.1.

La utilització de les morfologies horitzontals és una eina per organitzar, a nivell bàsic, la forma en què s'associen les diferents unitats morfopotencials per formar estructures, i en cap cas pretén ser una classificació dels instruments basada en la seva morfologia.

A nivell pràctic, hem associat els objectes estudiats a un dels models definits (fig. 2.1). En no coincidir sempre l'orientació tècnica amb la que hem considerat per incloure'ls en els diferents models, cal especificar els criteris que hem seguit. Així doncs, hem situat al proximal: en objectes semicirculars (1), el lateral més recte; en objectes triangulars (2), el lateral d'angle major; en objectes trapezoïdals (4), el costat paral·lel més llarg; en objectes pentagonals (6), la base del pentàgon; i en objectes romboïdals (3), quadrats o rectangulars (5), hexagonals (7), poligonals (8) i circulars

o el·lipsoïdals (9), s'ha fet coincidir l'eix major amb el longitudinal, situant sempre l'extrem d'angle major al proximal.

Dins de cada model, hem establert diferents submodels, en funció de la relació entre amplada i longitud. En la primera columna, s'hi troben els objectes amb una relació de fins a 1:05 entre les dues variables; a la segona, del valor anterior fins a la relació 1:1; a la següent, d'1:1 a 1:1,5; a la quarta, d'1:1,5 a 1:2; i, a la darrera, els objectes amb una longitud superior al doble de l'amplada.

Un darrer aspecte metodològic que cal esmentar és el de les categories mètriques que hem utilitzat. Hem treballat amb els formats definits en anteriors treballs en base a paràmetres referits a l'anatomia de la mà i a característiques tipomètriques dels objectes (Carbonell *et al.*, 1999b): micro, fins a 30 mm. d'eix major; petit, entre 31 i 60 mm.; mitjà, entre 61 i 100 mm; i gran, per a objectes de més de 100mm d'eix major. Cal esmentar que les dimensions han estat sempre preses tenint en compte l'orientació morfològica de l'objecte, i no la tècnica, ja que aquesta, per qüestions de prensió, no té significació.

Caràcter	Descripció i categories
DIEDRE	
Localització	prox., lat.esq., dist., lat. dret, etc.
Dimensions	valor total en mm.
Contorn	proporció del perímetre de la peça que ocupa, en %
Mode	angle que formen sagitalment els dos plans; pla (P, 0-15°), semiplà (SP, 15-35°), simple (S, 35-55°), semiabrupte (SA, 55-75°), abrupte (A, 75-90°), obtús (O, >90°)
Delineació horitzontal	recta (rt), convexa (cx), còncava (cc), sinuosa (sin), denticulada (dent)
Delineació sagital	recta (rt), incurvada (inc), sinuosa (sin)
Continuïtat	variació de l'angle en el segment dièdric; ct, nct
Configuració	presència de configuració en el segment dièdric; cfg, ncfg (ret., quan hi ha presència d'aixecaments de dubtós origen antròpic)
Corticalitat	número de plans corticals en el diedre; npc, 1pc, 2pc
TRIEDRE	
Localització	ídem.
Mode sagital	ídem
Mode horitzontal	agut (ag, fins a 45°); abrupte (A, 45-90°), obtús (O, >90°)
Triangle secció a	obtusangle (obt, 1 angle >90°); rectangle (rect, un angle= 90°); acutangle (acut, 3 angles <90°)
Triangle secció b	equilàter (eq), isòsceles (isos), escalè (esc)
Regularitat	referent a la delineació de les seves arestes; reg, nreg
Configuració	ídem.
Corticalitat	ídem.

Taula 2.1. Caràcters i categories analítiques utilitzats en la descripció dels tipus bàsics d'unitats morfofuncionals.







































1	a 	b 	c 	d 	e 
2	a 	b 	c 	d 	e 
3			a 	b 	c 
4	a 	b 	c 	d 	e 
5		a 	b 	c 	d 
6	a 	b 	c 	d 	e 
7	a 	b 	c 	d 	e 
8		a 	b 		
9		a 	b 	c 	d 

Figura 2.1. Models morfopotencials en base a la morfologia general de l'objecte.

3. L'ANÀLISI FUNCIONAL: INTRODUCCIÓ I BREU HISTÒRIA

El coneixement de la funció dels instruments s'abordà inicialment avaluant la seva potencialitat teòrica i per analogia formal entre els objectes arqueològics i d'altres amb funció coneguda, basant-se, essencialment, en paral·lels etnogràfics. Tot i que aquests mètodes poden aportar una valuosa informació, especialment en contextos molt concrets, les hipòtesis que permeten plantejar no poden ser contrastades.

La línia en què s'emmarca el nostre treball es basa en la premissa que les eines pateixen un desgast a causa del contacte amb diferents matèries en el moment d'intervenir-hi. Així doncs, l'objectiu de l'anàlisi funcional és la identificació i caracterització mitjançant observació microscòpica dels canvis produïts en la superfície dels instruments a causa del seu ús. En aquest plantejament, hi ha implícita l'assumpció que podem definir acuradament els atributs d'aquest desgast, que podem estudiar-los sota condicions experimentals controlades, i que podem utilitzar-los a l'hora de realitzar inferències relatives als usos dels objectes lítics.

Aquesta tècnica s'ha anat desenvolupant com una eina amb un gran potencial per a contribuir a la interpretació arqueològica. S'ha utilitzat per investigar els usos de determinats tipus d'objectes, i també s'ha aplicat a mostres de conjunts arqueològics amb quantificació dels resultats. Aquesta informació pot utilitzar-se per inferir processos culturals complexos, no reconeixibles d'altra forma (Donahue, 1988), que inclouen aspectes comportamentals tan importants com les activitats portades a terme en un jaciment. La major part d'aquesta informació és específicament econòmica, relativa a les activitats que es van realitzar amb els instruments lítics, als materials que es van manipular i com.

Hi ha diverses publicacions que recullen els primers estudis relatius a la funció dels instruments prehistòrics, molts d'ells basats en paral·lels etnogràfics i, en menor mesura, en les marques macroscòpiques o que es veien amb una lupa de mà a la seva superfície (Seitzer Olausson, 1980; Keeley, 1977; Hayden & Kamminga, 1979; Vaughan, 1981; Odell, 1982; Moss, 1983; Unger-Hamilton, 1984; Cook & Dumont, 1987; Juel Jensen, 1988)

El treball de Semenov (1964), basat en les marques deixades pels processos de producció i utilització dels objectes lítics i ossis, va posar en evidència la importància del reconeixement dels poliments i les estries com a indicadors del moviment dels instruments, i provocà una forta empenta en el desenvolupament de l'anàlisi funcional. Seguint la línia encetada per aquest investigador, els anys 70 estan protagonitzats pels estudis a baixos augments encaminats al reconeixement de la cinemàtica dels objectes i a la duresa relativa de la matèria treballada (Tringham *et al.*, 1974). És també durant aquesta època, però, quan es realitzen els primers estudis en molts camps, amb grans propostes metodològiques i innovadores vies d'anàlisi, que es

presenten en la primera “*Conference on Lithic Use Wear*” celebrada al Canadà el 1977 i recollits en un volum monogràfic (Hayden, 1979).

Keeley representa un gran salt qualitatiu, en proposar que el poliment microscòpic en la vora dels objectes de sílex produït per diferents matèries treballades és identificable sota la llum incident d'un microscopi metal·logràfic al voltant de 200 augments (Keeley & Newcomer, 1977; Keeley, 1980). Aquest autor troba una estreta correlació entre l'aspecte dels poliments i la matèria treballada, que recolza amb els tests cecs (Keeley & Newcomer, 1977). Respecte el nostre treball, és important assenyalar que aquest és el primer investigador en aplicar sistemàticament l'anàlisi funcional a conjunts de paleolític inferior (1980).

Mentre, seguint a Tringham, el mètode dels baixos augments continuà el seu desenvolupament, centrant-se en les microfractures observables en un estereomicroscopi a entre 10 i 60 augments, (Odell & Odell-Vereecken, 1980; Shea, 1988).

El mètode dels alts augments va ser seguit i recolzat per les tesis doctorals d'Anderson (Anderson-Gerfaud, 1981) i Vaughan (1981), i va esdevenir la metodologia més estesa en els estudis funcionals. Tot i així, al llarg dels anys 80 proliferaren els debats al voltant de la validesa dels tests cecs i, en general, del “mètode Keeley”. Els principals problemes es veien en el caràcter subjectiu de les descripcions dels poliments i en valorar fins a quin punt diferents matèries treballades produïen uns poliments realment diferenciables (Grace *et al.*, 1985; Newcomer *et al.*, 1987, 1988; Hurcombe, 1988; Bamforth, 1988; Grace, 1989; Bamforth *et al.*, 1990). Una altra qüestió que s'afegí al debat va ser la de la conservació dels poliments en objectes arqueològics, això és, el factor limitant que representaven les modificacions postdeposicionals en la seva superfície (veure capítol 3.3) (Levi Sala, 1986a, 1986b, 1996; Plisson & Mauger, 1988; Knutsson & Lindé, 1990; Mansur-Francomme, 1990; Shea & Klenck, 1993).

Al llarg dels anys 90, encara amb els esmentats debats de fons vius, i amb una utilització generalitzada del mètode dels alts augments, tot combinant les tècniques de baixos augments, l'anàlisi funcional ha continuat desenvolupant-se com a disciplina i aportant valuosa informació. Tot i així, encara perviuen problemes tècnics que impedeixen avançar ràpidament; especialment pel que fa a la precisió en la identificació de les deformacions. Els trets dels poliments són difícils de mesurar acuradament, i la identificació d'un poliment depèn massa del judici subjectiu de l'investigador (Yamada, 2000: 17).

Amb tot, la validesa de l'anàlisi funcional com a estratègia en la recerca prehistòrica és evident, tal i com apunta Grace en les conclusions d'un treball en que planteja l'estat de la qüestió d'aquesta disciplina: “*Scientific methods and procedures are applied in use-wear analysis and other archaeological disciplines would benefit*

from the rigour that has been applied to use-wear research, incorporating experimental replication and the use of stone tools, quantification methods, research into materials science, expert systems, blind tests, and so on. However, use-wear analysis remains an interpretative discipline, and should be incorporated in archaeological interpretation as part of the interactive dialogue with the remains of the past. Use-wear analysis is concerned with studying behaviour rather than simply producing lists of tool function” (Grace, 1996: 221).

En els darrers anys, els estudis funcionals han tendit a concentrar-se en temàtiques molt específiques, entre les que cal destacar de manera significativa tot el relacionat amb l'instrumental agrícola, així com el que fa referència a determinats tipus d'objectes molt concrets del paleolític mitjà o superior. No obstant, cal destacar una sèrie de línies de recerca innovadores: l'aplicació del microscopi electrònic de rastreig en l'estudi de conjunts arcaics (Longo, 1994; Sala, 1997; Peretto *et al.*, 1998; Márquez *et al.*, 1999; Márquez *et al.*, 2001; Carbonell *et al.*, 1999c); l'aplicació de noves tècniques en l'estudi del procés de formació del poliment (Christensen & Walter, 1991; Christensen *et al.*, 1992; Christensen, 1998; Sala *et al.*, 1998); la quantificació de la topografia de la superfície per microscopi atòmic (Kimball *et al.*, 1995; Kimball *et al.*, 1998); l'avaluació de les modificacions subsuperficials mitjançant el microscopi confocal de rastreig làser (Derndarsky & Ocklind, 2001); o el tractament d'imatges (Grace, 1989; Bietti *et al.*, 1998; González Urquijo & Ibáñez Estévez, e.p.).

4. EL MICROSCOPI ELECTRÒNIC DE RASTREIG

Gairebé tota la nostra recerca ha estat realitzada utilitzant la microscòpia electrònica de rastreig, només en ocasions molt puntals hem recorregut al microscopi òptic de llum reflectida i a la lupa binocular. Aquesta elecció ha derivat de la nostra experiència i de la de molts altres investigadors que ens han precedit.

Tot i que l'anàlisi funcional d'instruments lítics es va iniciar amb l'ajut de la lupa binocular i el microscopi òptic, aviat es començaren a aprofitar els avantatges que oferia el MER. A finals dels anys 70 s'aplicà aquesta tècnica d'observació en l'estudi del procés de formació del poliment (Dauvois, 1977, Ahler, 1979; Del Bene, 1979, 1980; Dorn & Oberlander, 1981; Fedje, 1979; Kamminga, 1979) i en els primers estudis sobre residus orgànics (Brose, 1975; Ahler, 1979; Clouse, 1979). Tot i que el paradigma que s'anava establint, principalment arrel dels treballs de Keeley (1980), estava basat en la microscòpia òptica, el MER va seguir utilitzant-se. Tret de comptades excepcions en què s'aplicava a l'estudi de materials arqueològics (Pant, 1979), el seu ús es restringia a l'estudi de fenòmens concrets per als quals el microscopi òptic no era prou resolutiu (Anderson, 1980b ; 1980a; Anderson-Gerfaud,

1981, 1982; Masson, 1981; Masson *et al.*, 1981; Meeks *et al.*, 1982; Mansur-Franchomme, 1983a, 1983b; Unger-Hamilton, 1984, 1989; Bradley & Clayton, 1987).

A partir de la segona meitat dels anys 80, mentre continuava l'aplicació del MER a l'estudi dels processos de formació del poliment (D'Errico & Espinet-Moucadel, 1986; Yamada, 1993; Yamada & Shimura, 1984), es va anar generalitzant el seu ús en l'estudi de materials arqueològics i sobre roques diferents al sílex, (Sussman, 1985; Sussman, 1988; D'Errico, 1988b; Knutsson, 1988a, 1988b; Levi Sala, 1988; Pant, 1989). Un altre camp en què el MER es mostrà altament resolutiu fou el de l'anàlisi de les modificacions postdeposicionals de les superfícies dels objectes lítics (Levi Sala, 1986a, 1986b, 1987, 1993; Kaminska *et al.*, 1990; Knutsson & Lindé, 1990)

Més recentment, s'ha continuat utilitzant el MER, ja sigui de forma puntual en estudis arqueològics (Beyries & Walter, 1996; Lhomme *et al.*, 1998) o com a eina bàsica en treballs metodològics (Christensen & Walter, 1991; Christensen, 1998, 1999; Sala, 1993; Sala *et al.*, 1998; Levi Sala, 1996; Jardón Giner, 1997, 2000).

En el nostre camp concret d'estudi, l'anàlisi funcional de conjunts lítics de modes 1 i 2, els relativament escassos treballs que s'han realitzat recentment estan basats en la observació al MER (Longo, 1994; Ollé, 1996; Ollé *et al.*, 1999; Vergès, 1996; Vergès *et al.*, 1999; Sala, 1997; Peretto *et al.*, 1998; Carbonell *et al.*, 1999c; Márquez *et al.*, 1999; Márquez *et al.*, 2001).

Finalment, cal esmentar l'aplicació que continua tenint MER en el camp de l'estudi dels residus orgànics sobre instruments lítics (Hortolà, 1992a, 1992b; Jähren *et al.*, 1997).

Els principals avantatges del MER respecte al microscopi òptic són una major profunditat de camp, la possibilitat de treballar a grans augments, i l'opció de realitzar microanàlisis per sonda d'electrons de les superfícies que s'estan observant. Aquestes característiques ens ofereixen una resolució d'imatge i unes possibilitats d'anàlisi que sobrepassen en molt a les del microscopi òptic. Ara bé, el MER té una sèrie de limitacions i requeriments.

En primer lloc, donada la baixa conductivitat de les roques, es fa necessari un recobriments de l'objecte a observar. Els procediments més utilitzats són l'evaporització amb carbó i la metal·lització amb or. El primer procés és en teoria reversible, invertint els pols de l'evaporitzador (Goldstein *et al.*, 1992), però, almenys amb les mostres lítiques, l'únic procediment que ens ha funcionat és la neteja amb aigua calenta i detergent en cubeta d'ultrasons (D'Errico & Varetto, 1985: 136-137), tot i que no hem aconseguit una remoció total del carbó. La metal·lització amb or sí que és totalment reversible, ja sigui amb un tractament amb cianida sòdica (Sela & Boyde, 1977) o bé amb aigua règia (Longo, com. pers.) Nosaltres hem utilitzat aquest

darrer procediment, que s'ha mostrat molt eficaç, fàcil de portar a terme i no malmet en absolut les roques silícies.

Un altra limitació del MER són les dimensions de la cambra. Aquestes varien segons el model d'aparell, però rarament poden observar-se mostres més grans de 8-10 cms. A més, en els casos en què hi caben objectes d'aquestes dimensions, la mobilitat resta molt reduïda, cosa que dificulta sensiblement una correcta observació. La solució a aquest problema passa per la realització de rèpliques en resina (veure més endavant). Amb aquestes, es poden estudiar per parts objectes de grans dimensions. Amb les rèpliques, a més, es fa possible l'estudi de les mostres que no suportarien la neteja de la capa conductora amb àcid (calcàries, gresos amb matriu calcària, ossos...).

Segons alguns autors (Anderson-Gerfaud, 1981), amb el microscopi òptic es reconeixen més fàcilment poliments (en base a la seva reflexibilitat) que no pas amb el MER. Segons la nostra opinió, aquest és un problema d'hàbit en l'observació. L'únic aspecte que es veu relativament limitat és la visió de conjunt de la distribució de les traces observades, ja que en el MER no es té una visió general de l'objecte, i la mobilitat del mateix és reduïda. Amb tot, aquesta qüestió deixa de ser problemàtica si s'adopta un protocol sistemàtic d'observació (que expliquem més endavant).

L'observació a través del MER, doncs, és clarament més resolutiva. Ens permet anar molt més lluny en la caracterització dels atributs de les superfícies dels objectes lítics en què es basen les interpretacions funcionals. Tal i com esmenta Knutsson, "*The high magnification and the extraordinary depth of field achieved in the SEM force one to explain features, rather than to just describe them*" (Knutsson, 1988a: 63).

Els equipaments que hem utilitzat en l'estudi dels nostres conjunts experimentals i arqueològics són els següents:

a) Del Servei de Recursos Científics de la Universitat Rovira i Virgili:

- MER model del JEOL JSM-6400, amb un equip de microanàlisi per sonda d'electrons (MASE) EXL II System Link Analytical (Oxford), amb un detector de 133 ev.

- Equip de pulverització catòdica BALTEC CEA 035 per a l'evaporització de carbó.

- Equip d'sputtering BALTEC SCD 004 per a la metal·lització amb or.

b) Del Dipartimento di Scienze della Terra de la Universitat de Siena:

- MER model Philips XL Series, XL30

- Equip d'sputtering BALTEC SCD 004 per a la metal·lització amb or.

c) Del Centro di Studio per la Geodinamica Alpina e Quaternaria del C.N.R. de Milà:

- MER model Stereoscan 250, Cambridge Instruments, amb un equip de microanàlisi per sonda d'electrons (MASE) EXL II System Link Analytical (Oxford).

5. EL PROCESSAMENT DE LES MOSTRES

5.1. Neteja

Per a una correcta anàlisi microscòpica, les mostres han de netejar-se d'acord a uns protocols que varien segons la seva naturalesa petrològica, el seu estat de conservació i els tipus de substàncies que es troben adherides a la seva superfície.

Keeley és qui proposa els procediments que seguiran de forma general la resta d'investigadors (Keeley, 1980: 10-11). Aquest autor realitza una immersió de mostres en una solució calenta d'HCL (10%) per eliminar les concrecions i en una de NaOH (20 – 30%) per eliminar els residus orgànics. Encara que peces arqueològiques i experimentals no tinguin en la mateixa proporció aquests tipus de residus, aplica a totes les mostres els mateixos procediments per a mantenir una estricta comparabilitat. Finalment, realitza banys d'ultrasons amb detergent i aigua per a eliminar qualsevol residu que pugui haver quedat adherit a la superfície de l'objecte (Keeley, 1980: 10-12). Petites variacions d'aquest protocol poden trobar-se en treballs posteriors (Moss, 1983; Cahen & Caspar, 1984; Plisson, 1986; Unger-Hamilton, 1988: 64-66; Grace, 1989: 63-64).

En el nostre cas, els procediments de neteja varien lleugerament segons el tipus de mostra, experimental o arqueològica, i, dins d'aquestes darreres, segons la roca i la quantitat i naturalesa del sediment adherit.

a) Mostres experimentals:

- Bany en cubeta d'ultrasons amb H₂O₂, 10', per eliminar els residus orgànics procedents de la matèria treballada.
- Bany en cubeta d'ultrasons amb detergent neutre *Derquim*® (sense fosfats, a base de tensoactius iònics i no iònics), 10-15'.
- Bany en cubeta d'ultrasons amb acetona pura, 2', per eliminar restes de greix procedents de la manipulació de les mostres.

b) Mostres arqueològiques:

- Bany en cubeta d'ultrasons amb acetona, 1', per eliminar el vernís de la sigla.
- Bany en HCL (10%), de durada variable, per eliminar la concreció (només quan aquesta és present i en roques silícies).
- Bany en cubeta d'ultrasons amb sabó neutre *Derquim*® (sense fosfats, a base de tensoactius iònics i no iònics), 10-15'.
- Bany en cubeta d'ultrasons amb acetona pura, 2', per eliminar restes de greix procedents de la manipulació de les mostres.

En cap cas apliquem mètodes mecànics (pinzells, bisturís...) per treure la brutícia. Tal i com es pot observar, s'utilitzen els ultrasons en tots els casos, llevat de la neteja amb HCL. En peces delicades, és millor fer el bany d'ultrasons en repetits períodes curts. Si la mostra presenta esquerdes o altres alteracions, s'ha d'anar molt en compte. En el cas de l'H₂O₂ i del sabó neutre, les peces es disposen en bosses de plàstic estanques, que s'omplen amb el líquid corresponent. En al cas de l'acetona, el bany es realitza en un vas de vidre, posant molta cura per evitar cap tipus de fricció entre les parets d'aquest i els talls de l'objecte.

Per evitar residus procedents del propi procés de la neteja, és molt important utilitzar un detergent apropiat i una acetona químicament pura. El darrer bany pot realitzar-se també amb alcohol, o, fins i tot, amb una barreja al 50% d'alcohol i acetona, però la nostra experiència ens indica que l'acetona sola ofereix millors resultats. Els problemes comuns de les neteges amb productes poc adequats són la presència de residus que morfològicament poden portar a confusions; aquest és el cas de les imatges A i B de la figura 2.2, obtingudes en objectes de quarsita observats abans d'utilitzar i sense tocar amb els dits, en els quals es va utilitzar una acetona industrial. Les estructures granuloses que hi apareixen (on la microanàlisi detecta Cl, S i Ca) són clarament artefactes de la neteja (estructures similars han estat referides en altes treballs com a creixements de glòbuls de silici).

En la manipulació de les mostres durant el procés de neteja, és molt important evitar el contacte amb els dits, ja que això podria ocasionar l'acumulació de greix o de partícules epidèrmiques a la seva superfície. En els banys amb HCL, H₂O₂ i sabó neutre, les mostres han estat manipulades amb l'ajuda de pinces de plàstic, però per al darrer bany en acetona hem hagut de recórrer a les metàl·liques (que poden ratllar o deixar residus més fàcilment sobre les peces, de forma que s'ha d'evitar tocar les zones susceptibles d'estudi).

Amb posterioritat a l'observació, és necessària una darrera neteja per tal d'eliminar la capa conductora. Quan és de carbó (en peces de calcària) s'elimina de

forma relativament satisfactòria amb un bany en cubeta d'ultrasons amb sabó neutre. La capa d'or (en quars, quarsita i sílex) s'elimina amb aigua règia (3 vols d'HCL i 1 vol. d'HNO₃). Aquest procediment és de fàcil aplicació i no altera en absolut les estructures silícies (fig. 2.2 C i D). Es basa en una curta immersió de la peça en la solució àcida (que pot ser lleugerament escalfada per augmentar la rapidesa del procés), que oxida per complet la metal·lització. És important submergir ràpidament les peces en aigua després de l'esmentat bany, i deixar-les en un recipient en el qual es va canviant l'aigua durant unes hores per a eliminar les restes de l'àcid. Aquest darrer aspecte és especialment important quan es tracta de roques poroses o lleugerament alterades.

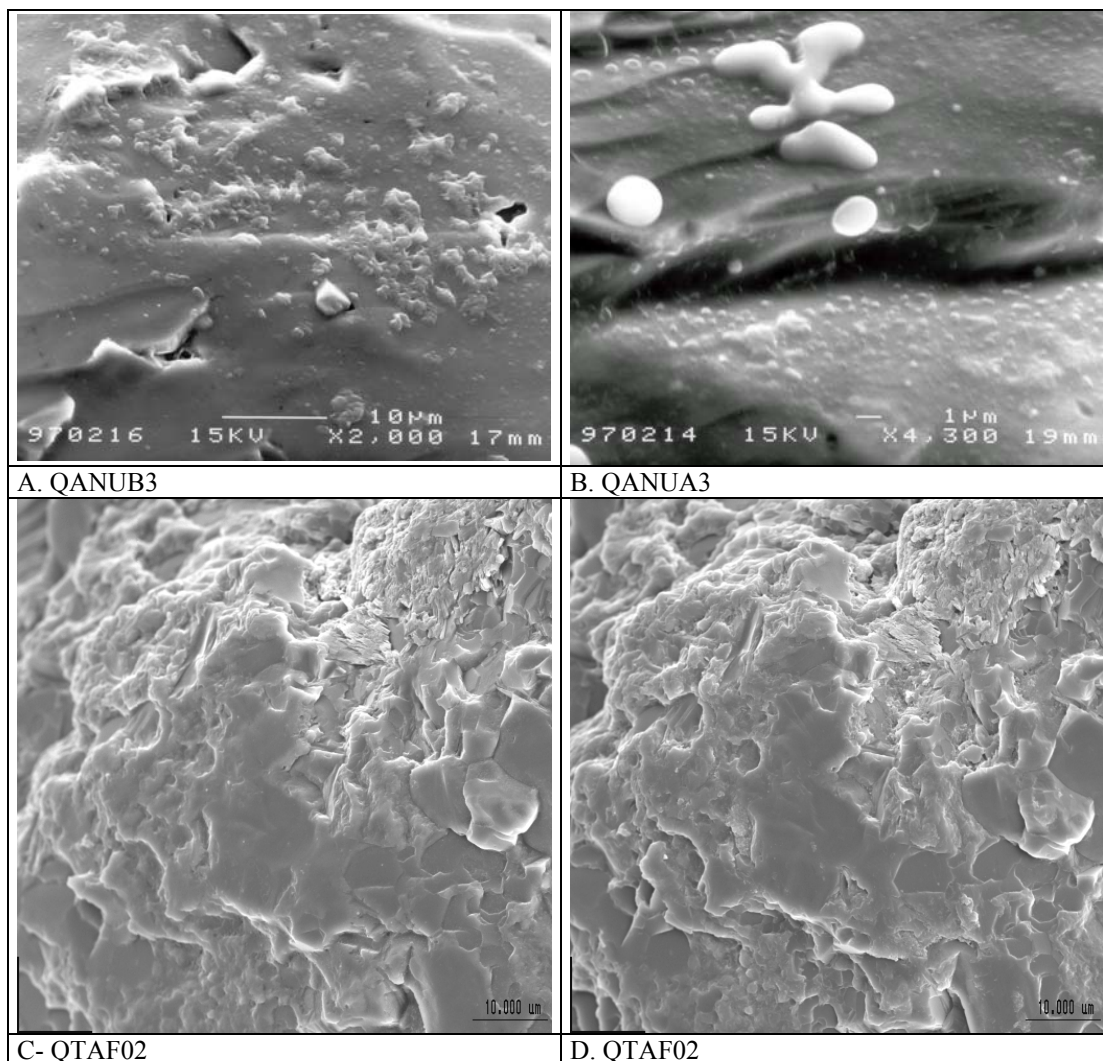


Figura 2.2. A i B, objectes de quarsita amb problemes de neteja; C i D, imatge del mateix punt en una quarsita abans i després d'un bany de prova de 30' en aigua règia.

En objectes experimentals, si es vol fer una rèplica del tall fresc, encara que l'ascla s'acabi de tallar i no hi hagi hagut contacte amb cap element, és precís realitzar abans una neteja de l'objecte per eliminar els petits fragments de roca adherits a la

seva superfície. N'hi ha prou amb uns banys curts en cubeta d'ultrasons amb aigua destil·lada i amb acetona consecutivament.

Pel que fa al tractament de les peces al camp, l'experiència derivada de les nostres anàlisis funcionals ens porta a aconsellar una mínima neteja (realitzada amb aigua i sense fregar), no eliminar les concrecions, i tenir molta cura en l'emmagatzematge del material. Així mateix, durant l'anàlisi tecnològica, s'ha d'evitar fregar els objectes amb els dits, així com el seu contacte amb objectes metàl·lics. En cas de realitzar-se estudis de remuntatges, s'ha de tenir present que la fricció entre els objectes lítics ocasiona molt sovint deformacions que després poden afectar significativament l'anàlisi microscòpica.

5.2. Preparació de motlles i rèpliques

La utilització de motlles en recerques basades en la microscòpia es desenvolupà bàsicament a partir dels anys 70, amb la generalització de l'ús del microscopi electrònic. Diversos autors desenvoluparen tècniques de replicat, ja sigui amb un enfocament bàsicament metodològic (Pfefferkorn & Boyde, 1974; Scott, 1982; Gordon, 1984) com en relació a camps concrets, com l'odontologia (Pameijer & Stallard, 1972; Schoen *et al.*, 1978; Barnes, 1978, 1979), l'antropologia (Pameijer, 1978, 1979; Rose, 1983) o la tafonomia (Shipman, 1981; Potts & Shipman, 1981; Bromage & Boyde, 1984; Bromage, 1984, 1985; Bermúdez de Castro *et al.*, 1988). En aquests treballs es presentaven diverses tècniques i productes, tot comparant-ne els resultats i oferint les millors combinacions. El procediment generalitzat consta de dues fases: la realització d'una impressió negativa o motlle amb silicona dental i l'obtenció d'un positiu o rèplica abocant un compost, normalment una resina epoxídica, a l'interior del motlle. El resultat és una rèplica exacta de la superfície original (Rose, 1983).

Aquestes tècniques de replicat ofereixen uns avantatges molt clars: 1) permeten documentar un mateix espècimen en diferents estadis; 2) es poden dur a terme fora del laboratori, i, per tant, són ideals per al treball de camp; 3) solucionen problemes de mobilitat del material d'estudi i fan possible l'intercanvi de mostres entre diferents centres d'investigació; 4) permeten estudiar zones puntuals, i a vegades inaccessibles d'altra manera, dels objectes sense deteriorar-los; i 5) fan possible l'estudi d'una àmplia gamma d'espècimens, tot eliminant, per exemple, els problemes de certes mostres amb la creació del buit necessari en el MER a causa de la seva porositat o humitat.

La creixent utilització del microscopi electrònic en l'estudi del desgast en objectes lítics va fer que s'incorporeassin també en l'arqueologia prehistòrica aquestes

tècniques de replicat, tot i que, en algunes ocasions, s'utilitzaren també en microscòpia convencional.

En un primer moment, l'observació es feia majoritàriament sobre empremtes de la superfície a estudiar, realitzades amb làtex (Beyries, 1981), vernís (D'Errico *et al.*, 1982/1983; Plisson, 1983a), acetat (Andersson, 1974; Knutsson & Hope, 1984) o silicona (Ilkjaer, 1979). L'estudi d'empremtes en negatiu, però, presenta certs problemes. El vernís, per exemple, no reproduïx bé les superfícies tridimensionals, i es trenca fàcilment per les arestes (Unrath & Lindemann, 1985). Pel que fa a l'acetat, Knutsson (1988) desenvolupà la tècnica (utilitzant Triafol) i obtingué uns resultats acceptables, però amb clares limitacions. Davant d'aquest problema, diversos autors, especialment els que treballaven amb el MER, optaren per la realització de rèpliques positives (Pant, 1979; D'Errico, 1985).

La tècnica de replicat més estesa darrerament en l'estudi de les traces d'ús és la del motlle amb silicona dental i còpia amb resina epoxídica. En aquest sentit, D'Errico (1988a) i Longo (1994) publiquen els resultats d'experiments amb diferents silicones i resines, tot indicant les que ofereixen una millor resolució. En el treball de Longo, a més, s'esmenta per primera vegada l'elaboració de rèpliques amb una resina de poliuretà, amb resultats relativament satisfactoris.

5.2.1. Materials i procediments emprats

En l'obtenció de rèpliques d'objectes lítics per a la seva anàlisi al MER es precisa una tècnica de fàcil aplicació, que impliqui una necessitat d'un equipament mínim, que sigui vàlida per a superfícies de poc relleu, i que ofereixi una adequada resolució (amb un mínim d'artefactes de superfície).

A. Obtenció del negatiu

Lògicament, el primer pas a l'hora de realitzar una impressió d'una superfície és assegurar-se que aquesta estigui en les condicions adequades, és a dir, que no hi hagi perill de deteriorar-la i que estigui completament neta i eixuta.

Els requeriments del material d'impressió a utilitzar són bàsicament una alta resolució, una fàcil separació de l'objecte replicat, una durada suficient que permeti realitzar positius i una fàcil aplicació.

Tenint aquestes condicions presents, hem escollit material d'impressió dental (polivinilsiloxà de polimerització per addició). Hem realitzat proves amb tres productes diferents: *Provil® novo Light* (Heraeus Kulzer, Inc.), *Exaflex® Regular Type* (C.G. Corporation), i *President® Regular Type* (Coltène). Els millors resultats

han estat obtinguts amb *Provil*, tot i que amb *Exaflex* s'han obtingut també bones impressions. Les proves fetes amb *President* han donat menys resolució.

Aquestes silicones consten de dos components, una base i un catalitzador, que es mesclen en proporcions iguals. El temps de barreja és d'uns 20 a 30 segons, i, en el nostre cas, s'ha fet amb una espàtula metàl·lica sobre el bloc de mescla graduat que es proporciona amb el producte. És important que aquesta operació es porti a terme correctament (s'ha d'aconseguir un color uniforme), ja que el material mal mesclat polimeritza malament, i, a banda de donar un mal registre, deixa residus en l'original.

L'aplicació sobre la mostra pot fer-se amb xeringa o amb una petita espàtula. Nosaltres hem escollit la segona opció perquè aconseguim una major precisió. El temps d'aplicació no ha de superar els 1,5 minuts, i s'ha d'evitar sobreposar diverses capes de silicona en la mateixa aplicació, ja que pot provocar un contraproducte moviment en la capa inferior que comença a endurir. Aquests productes tenen un temps mínim de polimerització d'uns 4 minuts. En el nostre cas, hem deixant un mínim de 20 minuts abans de procedir a la realització de la rèplica.

El motlle, en ser un material plàstic, es carrega d'electricitat estàtica, i, per tant, és molt susceptible d'atrapar partícules del seu entorn. Per això, quan la realització de la rèplica no era imminent, el motlle s'ha deixat en l'original durant diversos dies per evitar l'acumulació de pols al seu interior. Quan les condicions d'accés a l'original no ho permetien, les impressions han estat aixecades i emmagatzemades en bosses de plàstic amb tanca hermètica. El marcatge d'aquestes bosses s'ha fet sempre per la cara externa, ja que la inclusió d'etiquetes a l'interior podria comportar incorporació de brutícia. No hem observat cap pèrdua de qualitat en els motlles emmagatzemats fins i tot durant diversos mesos.

Les condicions de polimerització d'aquests productes estan calculades en funció d'una temperatura i una humitat relativa concretes (23°C i 50%, respectivament) i, per tant, en condicions diferents poden variar els temps de mescla, aplicació i enduriment. Temperatures i humitats relatives més altes provoquen una acceleració del procés, i més baixes l'alenteixen. Si cal, aquest fenomen es pot ajustar augmentant o reduint la quantitat de catalitzador en la mescla. Amb mescles més lentes, la silicona penetra més i dona un millor registre, però pot ser més difícil de treure i pot danyar la mostra. En qualsevol cas, és aconsellable realitzar un test davant de cada situació concreta.

B. Realització de la rèplica

Sigui quin sigui el material que s'utilitza en la realització de les còpies, aquest té una sèrie de requeriments bàsics: ha de tenir una bona resolució, ha de separar-se fàcilment del motlle i no interactuar amb el material d'aquest, i, un cop endurit, ha

d'experimentar un encongiment i distorsió mínims. Tot i que en la majoria de publicacions sobre el tema s'aconsellava la realització de les còpies amb resina epoxídica, les proves que hem fet amb aquest material (*Nural*® 23, d'Henkel Ibérica S.A., en el nostre cas) no han donat resultats prou satisfactoris.

El material que ha ofert millors resultats ha estat el poliuretà. Inicialment s'utilitzà el producte *UR 538* (Hexcel) (Longo, 1994), però posteriorment s'observà una millora en la resolució utilitzant un producte similar, *Feropur PR-55* (Synthesia Española S.A.). en ambdós casos, es tracta de poliuretans ràpids de colada bicomponents; d'una banda la resina (poliol) i, de l'altra, l'enduridor (isocianat).

Quant al procés de realització de les còpies, cal començar amb la mateixa cura que hem esmentat en parlar del negatiu pel que fa a la neteja. En aquest cas, cal assegurar-se que no hi ha pols adherides a l'interior, les quals, en cas de ser-hi, es poden eliminar amb aire comprimit. Les característiques de la silicona permeten també, si hi ha necessitat, l'aplicació d'un curt bany amb ultrasons amb aigua i sabó, i, fins i tot, amb acetona (després dels quals caldrà deixar eixugar completament el motlle).

En alguns casos, especialment quan l'objecte replicat té un tall llarg i molt agut, es pot realitzar un contramotlle per evitar la deformació del motlle en el moment de fer el buidat. Un material fàcil d'utilitzar i que dóna bons resultats és *Optosil*®, una massilla de silicona amb la que es recobreix el motlle abans de separar-lo de l'original. De totes maneres, la pràctica ha demostrat que aquest pas es pot obviar si les impressions es tracten amb molta cura.

Abans de realitzar el buidat, és important fixar el motlle a una superfície plana i estable, tenint cura d'anivellar les seves parets al màxim per evitar que en abocar-hi el poliuretà aquest sobresurti per una banda i deixi sense omplir-ne una altra. Aquesta fixació pot fer-se amb plastilina o, molt millor, amb unes gotes de cola termofusible convencional. Seguidament es passa a mesclar els dos components del poliuretà, al 50% en pes. Aquesta barreja es feia inicialment amb una xeringa, però, davant l'excessiva incorporació de bombolles d'aire en la mescla, es va optar per remenar amb una espàtula metàl·lica, durant uns 10 segons. Aquesta resina de poliuretà és líquida, per la qual cosa no presenta cap problema d'aplicació: s'aboca primer una petita quantitat a l'interior del negatiu, tot fent vibrar lleugerament el suport per a que el líquid penetri bé en les zones més amagades, i després s'acaba d'omplir. Aquest procés ha de ser molt ràpid, ja que la resina comença a endurir als pocs segons.

Segons la delineació i les dimensions del tall a replicar, serà impossible realitzar en un sol cop tot el seu perímetre. Una solució seria tallar el motlle en diverses parts i fer altres tantes rèpliques. Amb aquest procediment, però, es perd informació, ja que en cada tall efectuat ha de fer-s'hi una paret de silicona per a que el motlle quedi tancat i s'hi pugui abocar el poliuretà. L'experiència ens ha mostrat que, fins i

tot a nivell microscòpic, la unió entre el poliuretà de diferents colades és inapreciable. El procediment consisteix, doncs, en fixar el motlle de manera que es pugui fer el buidat d'un tram, i, un cop el poliuretà ha endurit, girar el motlle i tornar-lo a fixar de forma que es pugui fer el buidat del tram contigu. Aquest procés es pot repetir tantes vegades com sigui necessari. Després, a l'hora de l'observació al microscopi, n'hi haurà prou amb tallar la rèplica amb un bisturí, perdent, així, molta menys informació.

La rèplica pot ser separada del negatiu als pocs minuts de la seva aplicació. En no existir interacció entre la silicona i el poliuretà, però, i donats els possibles problemes d'adhesió de pols o deteriorament de la superfície de la rèplica, és convenient de no extraure-la fins al moment de la seva preparació per a l'observació microscòpica.

En cas d'haver de realitzar una segona còpia del mateix motlle, n'hi ha prou amb netejar-lo amb un bany d'ultrasons amb una mica d'alcohol o d'acetona i deixar-lo assecar completament (millor amb aire comprimit).

5.2.2. La qualitat de les rèpliques

Els problemes comuns en motlles d'aquestes característiques són: l'adherència entre el motlle i la rèplica, la deformació del motlle a conseqüència de la temperatura assolida durant la polimerització de la resina (que causa arrugues i llacunes de registre en la rèplica), falles en la polimerització de les resines per la presència del material d'impressió mal mesclat, i ocurrencia de bombolles en les rèpliques (Gordon, 1984: 183).

Amb la tècnica seguida en aquest estudi, l'únic problema amb què ens hem trobat són les bombolles. Les que en la rèplica s'observen en positiu són esferes parcials o totals, producte de bombolles d'aire atrapades en el material d'impressió en el seu contacte amb la superfície original, i depenen en gran part de la fluïdesa del material d'impressió i de la forma d'aplicació. Les que s'observen en negatiu, en part poden ser bombolles d'aire incorporades a l'hora de barrejar la resina, però podrien estar causades també per molècules de gas que escaparien del material del motlle i quedarien atrapades en la superfície de contacte mentre la resina endureix (Gordon, 1984). Aquest darrer fenomen s'accentua amb la calor, per la qual cosa, si s'utilitzen resines epoxídiques, és millor escollir les que polimeritzen a temperatura ambient (Rose 1982: 258).

En el nostre cas, amb la resina de poliuretà, tot i que assoleix certa temperatura, hem minimitzat la formació de bombolles en negatiu deixant un temps de seguretat per a que acabi de polimeritzar la silicona abans d'omplir el motlle amb la resina. Una solució extrema per a les bombolles en negatiu en la rèplica és, evidentment, repetir-la. Pel que s'ha pogut observar en els casos en què hem hagut de

recórrer a la repetició de rèpliques, la deformació del motlle per efecte de la resina és pràcticament inexistent.

Per altra banda, la presència ocasional de bombolles no dificulta excessivament l'observació de la superfície de la roca, ja que només es perd informació puntualment, essent el registre de la zona circumdant completament satisfactori (figura 2.3).

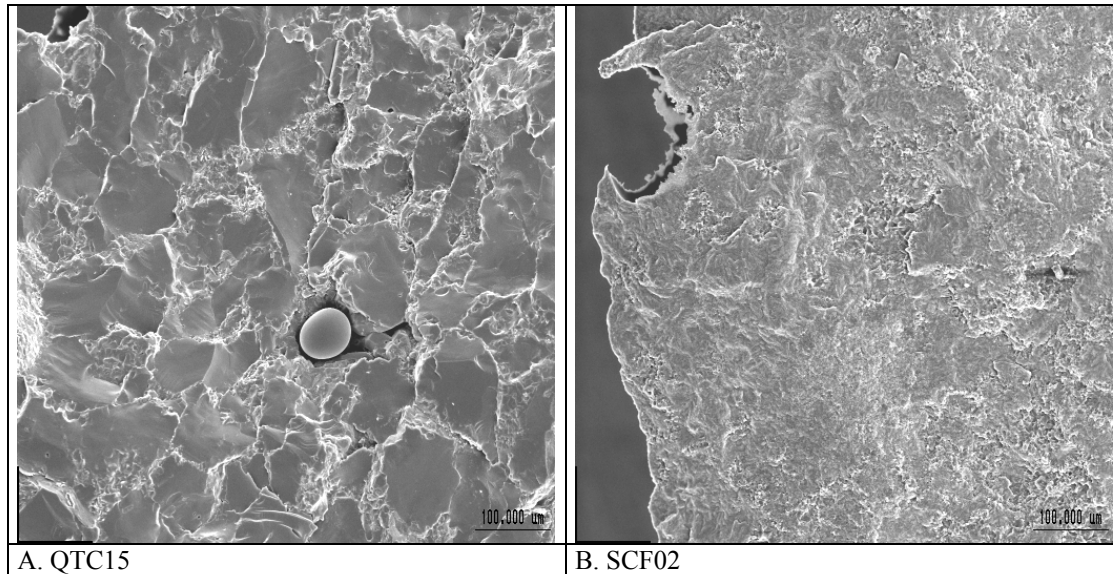


Figura 2.3. Bombolles en la rèplica de poliuretà. A. Positiva, en la superfície d'una quarsita; B. Negativa, en la superfície d'un sílex cretaci.

La tècnica seguida durant la realització d'aquest treball és de fàcil aplicació, però s'ha de tenir molta cura durant tot el procés, especialment pel que fa a la neteja i a la manipulació dels productes. Qualsevol element incorporat accidentalment en el procés (pols, greix dels dits, humitat, restes d'acetona...) quedarà enregistrat en la rèplica. Cal, finalment, seguir estrictament les instruccions d'aplicació dels productes, així com tenir molt presents les seves condicions de conservació i dates de caducitat.

La qualitat de les rèpliques obtingudes és molt bona, de forma que ha estat possible documentar tant seqüències experimentals com objectes arqueològics que d'altra forma no s'haurien pogut estudiar.

En la figura 2.4 es pot observar la definició de les rèpliques en poliuretà (b i d) en comparació amb dues imatges d'un objecte utilitzat en una acció de sega d'una gramínia (a i c) a 750 i 1500 augments.

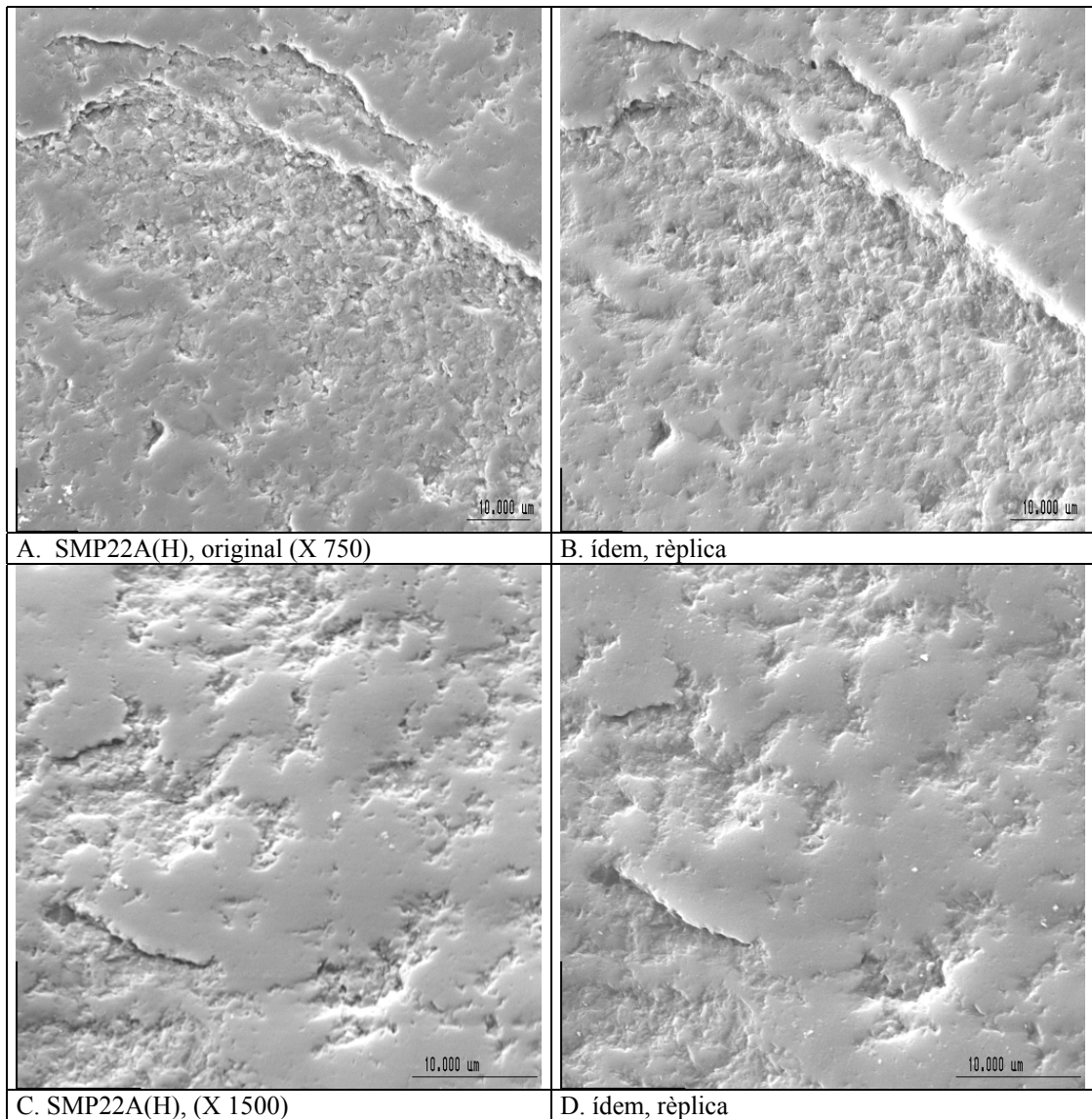


Figura 2.4. Original (A i C) i rèpliques (B i D) d'un objecte utilitzat durant 15' en una acció de tallar fenàs.

En la figura 2.5 es presenten imatges de punts del tall fresc en rèpliques d'objectes de diferents roques i imatges dels mateixos punts de l'original als 10 minuts d'utilització. En tots els casos pot observar-se la bona qualitat de les rèpliques en les zones no afectades per les deformacions. En els dos primers exemples (A-D) poden apreciar-se els detalls de la textura de cada roca, la perfecta diferenciació dels cristalls i el bon registre en concavitats i zones amagades del relleu. En el tercer exemple (D i E) es mostra el bon funcionament del sistema de replicat no només en superfícies planes sinó també amb relleus tridimensionals.

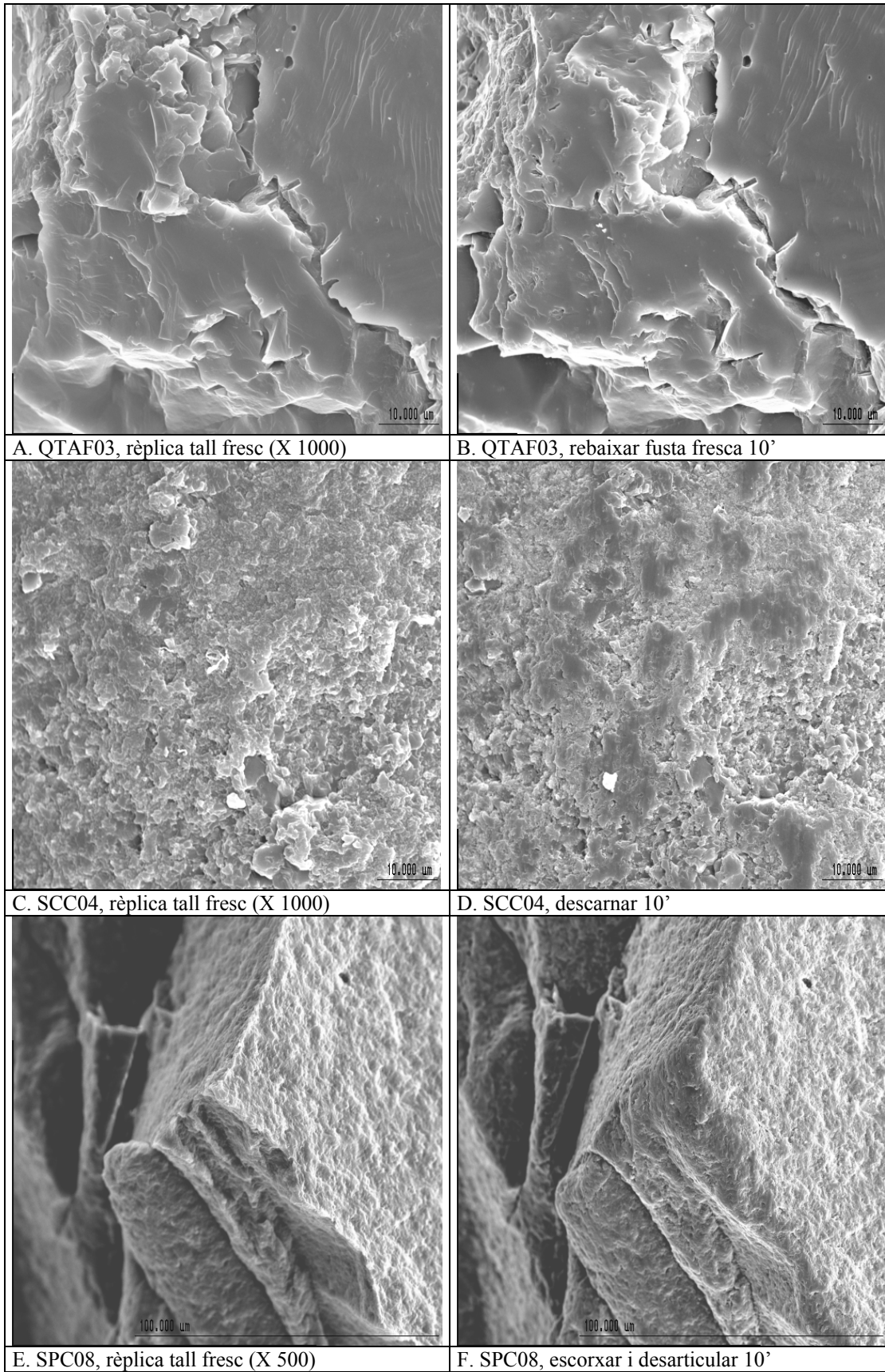


Figura 2.5. Imatges de la rèplica del tall fresc i d'estadis inicials de deformació en el mateix punt.

5.3. Muntatge de mostres i observació

Donades les característiques de les mostres a analitzar, els procediments descrits en manuals generals de microscòpia electrònica (Goldstein *et al.*, 1992) han de ser adaptats per a una correcta observació. En la bibliografia específica sobre anàlisi funcional d'objectes lítics, aquests aspectes tenen un escàs tractament, fet que, sobretot pels investigadors que recorren al MER de forma puntual, es tradueix en judicis que sobredimensionen les dificultats en emprar aquesta tècnica d'observació. Per aquest motiu, creiem convenient fer un sintètic repàs del procés de muntatge de les mostres i de les condicions d'observació i d'obtenció d'imatges que hem utilitzat en aquest treball.

Un cop tenim les mostres netes i eixutes, el primer que cal fer és recobrir la mostra amb un material conductor, generalment carbó (evaporització) o bé or (metal·lització). En aquest procés, els únics problemes que es poden presentar són els derivats d'una manipulació inadequada de les mostres (contacte involuntari amb elements que puguin incorporar brutícia, com els dits, pinces, contenidors, etc.). Un cop fet el recobriment, s'ha de muntar la mostra sobre el porta, procediment que nosaltres hem realitzat utilitzant una cola termofusible convencional. Per a una correcta observació, és necessària la connexió entre el portamostres i la superfície, la qual s'aconsegueix amb un camí conductor, normalment pintura de plata (tot i que també es pot utilitzar grafit). Per facilitar la ulterior neteja de la mostra, sobretot quan aquesta és porosa, abans de fer l'esmentat camí, és aconsellable aplicar una fina línia d'esmalt, sobre la qual es posarà la plata.

La forma de fixar la mostra en el suport és també important. Per aprofitar al màxim les possibilitats de maniobra de l'objecte dins la cambra, és convenient col·locar-lo en posició horitzontal; així s'aconsegueix observar la totalitat del perímetre, la superfície sencera i, inclinant el portamostres, les vistes sagitals dels talls.

Per a poder situar exactament la imatge que tinguem en pantalla en l'objecte estudiat, ni ha prou amb un senzill però efectiu sistema de marcatge sobre el dibuix on anotem les observacions fetes (figura 2.6). Per marcar els punts de referència, utilitzem un retolador indeleble sobre la capa d'or (sempre que la roca no sigui porosa, cas en què utilitzaríem simplement grafit o unes petites gotes d'esmalt).

Amb els passos esmentats, una cop analitzada la mostra, una simple immersió en acetona la deixarà completament neta, i només caldrà fer el bany final per eliminar la capa conductora, tal i com hem exposat en parlar de la neteja.

Pel que fa a les condicions d'observació, cada aparell té una configuració idònia en funció del detector i la cambra, però, normalment, es treballa a una distància d'entre 10 i 20mm, i a 15 kv. En cas de treballar amb rèpliques, s'ha d'anar amb cura

de no sobrepassar el quilovoltatge i de no mantenir molta estona una imatge a grans augments, ja que el bombardeig d'electrons fa que s'escalfi la mostra i es deteriori considerablement.

Els augments a què es treballa, òbviament, varien en funció del tret a observar. Per norma general, la caracterització de les deformacions d'ús es realitza amb un rang d'augments que va dels 250 als 1500, tot i que es treballa a menys augments a l'hora d'observar la distribució de determinats aspectes, i es sobrepassa el valor més alt esmentat quan es vol accedir a detalls molt concrets.

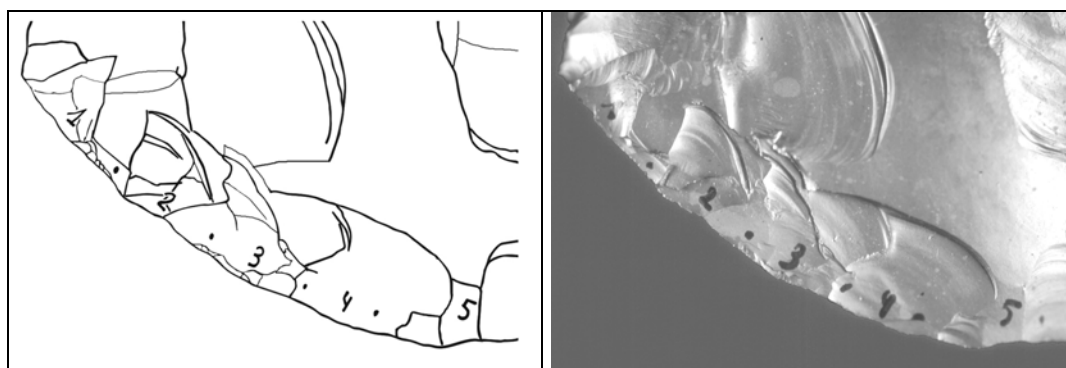


Figura 2.6. Sistema de marcatge utilitzat per localitzar els punts observats en l'objecte analitzat.

Quant a les fotografies, tret del *Cambridge Instruments*, els altres dos microscopis disposaven d'un sistema digital de captació d'imatges, la qual cosa ha facilitat enormement la gestió de la informació recollida i ha permès d'obtenir un gran volum de documentació gràfica a un cost molt reduït.

El procés a què acabem de fer referència comporta, evidentment, una inversió de temps molt superior al necessari per l'observació amb microscòpia òptica. La pròpia anàlisi és igualment més lenta. Ara bé, segons la nostra opinió, aquesta major inversió en temps i treball es veu plenament justificada per la indiscutible major resolució obtinguda amb el MER.

6. L'EXPERIMENTACIÓ

Per tal de conèixer les diferents modificacions en la superfície dels objectes lítics que es poden derivar de la seva utilització, i així poder proposar hipòtesis sòlides relatives a la funció d'instruments arqueològics, hem de recórrer al mètode experimental.

L'experimentació, com a recurs empíric, proporciona dades per interpretar la informació derivada de l'anàlisi del registre arqueològic, i té la doble vessant de

proporcionar els criteris bàsics d'interpretació i de ser la forma de contrastar hipòtesis, d'establir conclusions raonables mitjançant l'assaig o comprovació.

En el nostre camp, aquest mètode consisteix bàsicament en la reproducció controlada d'activitats amb instruments lítics i en l'observació dels trets que són propis de les diferents accions realitzades. Els patrons que es deriven d'aquests resultats són els que s'utilitzen en les interpretacions de les traces observades en els objectes arqueològics. *“Se establece así un sistema inductivo-deductivo con una primera fase en la que se construyen las claves de interpretación a partir de la realidad experimental observada, y una segunda en la que el reconocimiento de las mismas alteraciones en piezas prehistóricas permite una equiparación de causas por la analogía de consecuencias”* (González Urquijo & Ibáñez Estévez, 1994a: 16).

L'experimentació, tot i ser essencial, no és un mètode independent per l'estudi de la funció dels instruments. La col·lecció de dades experimentals no s'ha de convertir en un fi en sí mateixa, sinó que ha d'estar relacionada amb la recerca arqueològica en la qual està emmarcada. Per altra banda, encara que la reproducció experimental de deformacions d'ús sigui una activitat necessària pels investigadors que treballen en el camp de l'anàlisi funcional, seria erroni considerar-la un exercici dirigit a una replicació de traces arqueològiques que permeti establir comparacions directes sense haver demostrat primer que aquestes comparacions són possibles (Cook & Dumont, 1987).

Així, és molt important demarcar l'abast de les conclusions obtingudes a partir dels resultats experimentals. Un resultat anàleg a l'observat en el material arqueològic no valida inequívocament el procés experimental. De la mateixa manera, uns resultats poden validar alhora diverses hipòtesis, però no confirmar-ne cap en concret.

En el present treball es combinen algunes de les línies plantejades per altres autors, i també s'aporten algunes propostes pròpies. D'una banda, s'ha portat a terme una experimentació replicativa, centrada en la reproducció d'activitats hipotèticament anàlogues a les del passat. Aquest procediment proporciona experiència directa a l'investigador, així com valuosos elements de judici respecte els processos estudiats (Keeley, 1980). Evidentment, però, la interpretació dels resultats és limitada, ja que només es poden reconèixer els treballs experimentats directament, i s'ha d'anar sempre en compte de no sobredimensionar l'abast dels paral·lels etnogràfics i de les utilitzacions suposades en base a plantejaments actualistes.

Paral·lelament, s'ha portat una experimentació més analítica, centrada en l'estudi d'una sèrie de les variables independents que permetin posteriorment establir relacions entre elles i les deformacions generades. Aquest procediment és més mecànic i sistemàtic. Aquí, l'important és el manteniment constant de les variables considerades, per tal que, davant d'unes determinades traces, es puguin establir hipòtesis en base al coneixement que es té de cada variable d'ús (González Urquijo &

Ibáñez Estévez, 1994a; Gutiérrez Sáez, 1996). El sistema de deducció que implica aquest procés és altament complex.

Nosaltres combinem una experimentació analítica, amb moviments mecànics simples, amb una de més replicativa, amb accions complexes, gestos i processos implicats en les diferents activitats de subsistència. A més, hi afegim experiments dirigits a qüestions concretes, com són els problemes postdeposicionals, les traces generades durant els processos de producció d'instruments, etc. Segons la nostra opinió, la comprensió dels processos de deformació de les superfícies de les roques és tant o més important que la quantificació dels atributs segons les diferents variables experimentals.

Per aquest motiu, hem distingit entre tres categories d'experiments: els tradicionals, els que disposen de control i els seqüencials. En els primers, l'anàlisi microscòpica de la mostra es fa després d'haver-la sotmès al fenomen en estudi, de forma que es poden observar els efectes sobre la seva superfície, però és impossible relacionar inequívocament els resultats obtinguts amb l'acció realitzada. Això s'aconsegueix amb els experiments amb control, el qual permet comparar directament el mateix punt de la superfície abans i després de l'experiment. Finalment, els experiments seqüencials permeten documentar tota la seqüència, als intervals desitjats, del procés en estudi.

En l'anàlisi de les deformacions d'ús, són bàsics aquests experiments seqüencials, perquè permeten enregistrar les diferents fases de deformació i controlar molt precisament el procés i l'evolució del microrelleu al llarg de l'activitat. A banda d'oferir dades que permetin proposar hipòtesis, tenen el valor afegit que fan possible, en certa mesura, contrastar-les. Així, respecte a una hipòtesi inicial, reproduïm el procés sota unes determinades condicions, i podem anar comprovant la validesa de la hipòtesi plantejada, modificant-la si és necessari.

Davant determinats aspectes, n'hi ha prou amb disposar d'un control. Això es pot aconseguir mitjançant una observació prèvia de la mostra, en la que se seleccionen uns punts d'interès. Ara bé, segons el tipus d'experiment, alguns d'aquests punts es poden perdre, essencialment a causa de la fracturació del tall. Per aquest motiu, és aconsellable disposar d'una rèplica del tall fresc, la qual permetrà en tot moment fer una comparació de les condicions originals de qualsevol punt de la superfície que hagi sofert modificacions.

Les variables independents que hem contemplat en el nostre treball experimental fan referència a les matèries primeres utilitzades, les accions replicades, les matèries treballades, al temps d'intervenció i al tipus d'instruments emprats.

Quant a matèries primeres, hem utilitzat sempre les mateixes que es trobaven representades en els jaciments arqueològics estudiats, tret de comptades excepcions en

què les característiques macro i microscòpiques de la roca eren altament coincidents amb les d'una altra ja inclosa en l'experimentació. Amb tot, i especialment dins dels mateixos tipus de matèria primera genèrica, s'ha pogut observar que els resultats obtinguts amb una varietat concreta són altament complementaris, i extrapolables a les altres.

Segons la forma d'aplicació de la força, el sentit del moviment de l'objecte, l'angle del tall actiu, l'orientació d'aquest respecte la matèria treballada i l'angle de treball, es poden establir gran quantitat d'accions diferents (tal i com es pot veure en els treballs específics sobre el tema (Gutiérrez Sáez, 1996; Márquez, 1998a,1998b). En la nostra experimentació, no obstant, hem preferit agrupar les accions realitzades en un nombre reduït de categories principals: tallar, gratar, rebaixar i perforar. Aquestes categories, segons el tipus de moviment, l'angle de treball i l'angle del tall actiu, es subdivideixen en categories secundàries:

-*Tallar*: acció normalment d'angle de treball alt i tall actiu de pla a simple; moviment longitudinal unidireccional o bidireccional.

-*Rebaixar*: acció d'angle de treball mitjà i tall actiu inferior a 65°; moviment unidireccional, transversal o oblic, endavant (de proximal a distal), amb penetració significativa de l'eina en la matèria treballada.

-*Gratar*: acció realitzada amb talls actius d'angle alt i moviment transversal unidireccional. Quan el sentit del moviment és de proximal a distal (gratar endavant), l'angle de treball és inferior a 30°, mentre que quan és de distal a proximal (gratar endarrera), l'angle de treball és variable, generalment superior als 45°. En ambdós casos, hi ha poca penetració de l'eina en la matèria treballada.

-*Perforar*: acció d'angle de treball alt i tall actiu semiabrupte o abrupte, normalment un trípode; moviment rotatori unidireccional o bidireccional.

Les matèries treballades inclouen tant elements animals com vegetals, a més d'alguns d'inorgànics. Els experiments concrets portats a terme es troben explicats detalladament al capítol 3, informació que també es presenta de forma resumida en annex al final del treball.

Pel que fa al temps de treball, tal i com es pot apreciar a les taules dels experiments, gairebé mai s'han superat els 30 minuts. Aquest no és un aspecte casual, sinó totalment intencionat. El que ha jerarquitzat els temps d'experimentació no ha estat l'obtenció de deformacions amb un bon grau de desenvolupament, sinó que s'han tingut en compte dos aspectes, d'una banda la "vida útil" de l'objecte (el període de temps en què una eina es pot utilitzar oferint una relativa efectivitat, sense necessitat d'un esforç suplementari per part de l'usuari), i, de l'altra, per la tasca que es portava a terme (quan es finalitzava una activitat s'abandonava l'eina en lloc de mantenir-la per una altra d'ulterior). Això, en certa mesura, ha limitat el grau de

desenvolupament de les deformacions (tret d'algunes ocasions en què s'ha prolongat deliberadament l'acció), però s'han obtingut resultats molt més propers al que ens mostra la realitat arqueològica.

Les característiques principals dels instruments inclosos en els experiments es mostren en les taules corresponents. En l'experimentació de caire més analític i mecànic, per tal de minimitzar al màxim la sobreposició de fenòmens, s'han utilitzat preferentment objectes no configurats amb talls actius continus d'angles variables. En l'experimentació més replicativa, en canvi, la variabilitat dels objectes és major, tant a nivell de format com de delineació i grau de configuració del tall actiu.

Les variables dependents que hem tingut en compte, així com els criteris de descripció dels fenòmens observats, es descriuen en presentar els experiments portats a terme.

Un darrer aspecte que cal comentar és que la col·lecció experimental compta amb un nombre significativament major d'experiments dels que es presenten en aquest treball. Hi ha, per exemple, llargues sèries amb temps d'utilització curts que no s'han arribat a mirar, ja que el poc desenvolupament de les deformacions observat en alguns objectes implicats en tasques de major durada ha posat en evidència que sense un control previ era absurd intentar caracteritzar estadis inicials de deformació. No obstant, aquests experiments ens han ajudat a valorar aspectes com la viabilitat de diferents morfologies i potencials per a determinades tasques o el comportament dels instruments durant la seva utilització.