

---

## **CAPÍTOL 3. ESTAT DE LA QÜESTIÓ: LA INTERPRETACIÓ DE LES DEFORMACIONS D'ÚS**

---

L'estudi de la funció dels instruments a través de l'anàlisi microscòpica ha anat evolucionant des dels primers treballs que es publicaren. En aquest capítol ens centrarem, a mode d'estat de la qüestió, en tres dels principals aspectes que s'han anat debatent al llarg de més de 30 anys de recerca, i que han articulat la nostra recerca metodològica i experimental. Deixem per més endavant les referències a les caracteritzacions dels desgastos produïts per treball sobre diferents matèries que s'han anat presentant pels diversos autors, així com la problemàtica de l'associació de les traces observades amb funcions concretes; aquests aspectes els tractarem als apartats de presentació dels resultats experimentals i de la discussió, respectivament.

En primer lloc, doncs, ens ocupem dels mecanismes en què es basa el procés de desgast dels objectes lítics, tot fent un breu repàs a les principals hipòtesis que s'han discutit. Després passem a tractar l'aspecte concret dels residus, essencial per la relació que té amb el tema anterior i també per la línia de recerca futura que representa. Finalment, centrem la nostra atenció en el tema de les modificacions postdeposicionals que es produeixen en les superfícies dels objectes, aspecte cabdal per tal de poder avaluar l'aplicabilitat dels resultats obtinguts amb la rèplica experimental d'activitats.

### **1. EL PROCÉS DE FORMACIÓ DEL POLIMENT**

Tal i com ja hem esmentat, l'anàlisi funcional es basa en la identificació de les modificacions produïdes en el microrelleu dels objectes durant la seva utilització i en les inferències realitzades per analogia amb sèries experimentals. Per a una correcta interpretació, és bàsic el coneixement dels processos que intervenen en la formació de

les alteracions que després es prendran com a criteris de discriminació. En aquest sentit, al llarg del desenvolupament de l'anàlisi funcional com a disciplina, s'han anat establint hipòtesis sobre el procés de formació del tipus de traça que s'ha considerat més informatiu, el poliment d'ús<sup>1</sup>. El primer fenomen que cridà l'atenció i que portà a la formulació d'hipòtesis sobre la formació del poliment va ser el llustre observat en una sèrie de peces relacionades amb el treball sobre cereals (Spurrell, 1884, 1892; Curwen, 1930, 1935). Inicialment, es cercaren models en camps aliens a l'arqueologia, com és el cas de la indústria del vidre (Cornish, 1961).

A grans trets, podem articular l'exposició de les interpretacions del que òpticament s'ha identificat com a poliment en els objectes lítics en base a dos grans eixos. El primer el conformarien les explicacions que es fonamenten en les interaccions químiques entre la roca i la matèria treballada i que contempen un caràcter deposicional en el poliment. El segon inclouria les argumentacions basades en els fenòmens d'ordre mecànic, que atribueixen als poliments un caràcter bàsicament abrasiu. Un tercer grup d'interpretacions estaria format per aquelles que contempen fenòmens combinats.

#### *A. Poliment addicional*

El primer investigador que proposa un model basat en les reaccions químiques és Witthoft. Aquest autor, estudiant el llustre de cereal, observa una diferència de duresa entre la superfície polida i la fresca (Witthoft, 1967: 384), i assenjala que les zones més toves (polides) presenten un augment en volum, característic de la sílice amorfa. Proposa, sense demostrar-ho, que la calor generada amb la fricció seria suficient per a fondre el silici en les zones de contacte de l'objecte. Després de la fricció amb l'òpal present en les plantes, el sílex no hauria tornat al seu estadi criptocristal·lí, sinó que s'hauria endurit com un líquid que es refreda ràpidament. En cas d'utilització continuada, les molècules d'òpal s'haurien deshidratat i haurien continuat precipitant-se en la superfície del sílex, creant així un aspecte additiu del poliment (*op. cit.*: 385). Interpreta el poliment, doncs, com el resultat de la formació d'una capa de sílice amorfa (el silici en estat de semifusió o en forma de gel, amb una estructura molecular expandida) sobre la superfície de l'eina, en presència local d'altres temperatures i aigua, tot atribuint un caràcter molt secundari als fenòmens d'abrasió.

Anderson (Anderson, 1980a; Anderson-Gerfaut, 1981, 1982, 1983, 1986), en base a observacions realitzades amb el MER i a dades obtingudes per mitjà de la microanàlisi per sonda d'electrons, desenvolupa més la idea del poliment com a capa

---

<sup>1</sup> Donat que és el que s'ha utilitzat en la bibliografia que se centra en el debat d'aquesta problemàtica, utilitzarem en aquest apartat el terme general de *poliment* per a referir-nos a la modificació superficial del microrelleu dels instruments lítics derivada de la seva utilització i que es detecta microscòpicament en base a una reflexibilitat diferent de la superfície natural.

construïda sobre la superfície de l'objecte. En principi, no creu que la calor generada durant el treball sigui suficient per a fondre el silici que forma l'esmentada capa. Per a explicar-la, proposa la hipòtesi d'una dissolució puntual per hidròlisi de la sílice del sílex a les zones de contacte durant el treball de certes matèries, causada per l'increment de la temperatura resultant de la fricció del sílex amb la matèria treballada, que fon (totalment o parcial) el silici. Es crea, així, un gel de sílice amorfa (sílice col·loïdal), que en acabar el treball se solidifica en una capa, donant a la superfície un aspecte polit i brillant. En aquesta capa de nova creació, que pot arribar a tenir un gruix de 10µm, hi poden quedar atrapats residus orgànics com els fitòlits i altres elements, procedents de la matèria treballada. En aquest procés, segons Anderson, hi intervindrien diversos factors, com la durada de l'acció, la calor produïda per la fricció, les mesures de gra de l'estructura cristal·lina de l'objecte, l'acidesa de certes matèries treballades, la quantitat d'aigua present, la duresa i textura de la superfície intervinguda i la presència de partícules abrasives (pols, fragments de sílex...). Experimentalment, comprova que, en el cas de les plantes, el poliment es desenvolupa més en estat verd i humit, i proposa que el gel de sílice transferencial de les plantes es pot fusionar en l'esmentada capa de nova formació. L'autora complementa les seves observacions amb l'estudi d'instruments d'os utilitzats sobre plantes (Stordeur & Anderson-Gerfaud, 1985), on interpreta que el poliment és causat per un dipòsit de material (el gel de sílice present a les tiges de les plantes es dipositaria al tall actiu i hi cristal·litzaria).

Altres autors han recolzat la hipòtesi plantejada per Anderson. Vaughan, posa en evidència que els poliments desenvolupats durant el treball de diversos materials passen pels mateixos estadis de formació, pel que la possibilitat d'identificar la matèria treballada a través dels residus inclosos en el poliment adquireix una especial importància (Vaughan, 1981, 1985). Segons l'autor, es poden arribar a identificar famílies de joncs a través dels fitòlits.

Andersen i Whitlow (Andersen & Withlow, 1983) realitzen anàlisis per feix de ions (perfils de l'hidrogen) per aprofundir en la idea de la formació d'un gel per hidròlisi. Documenten diferències estructurals entre les zones polides i les no modificades, que expliquen per la presència d'un gel de silici saturat d'hidrogen que conté més aigua que el substrat cristal·lí del sílex. Aconsegueixen demostrar que hi ha un augment de l'hidrogen en la superfície el sílex resultat del treball sobre materials amb molta aigua, però sense precisar el seu origen: plantes (dipòsit) o sílex (transformació de la superfície). Proposen, doncs, una possible correlació entre matèria treballada i els canvis en els perfils d'hidrogen.

Mansur Franchomme (Mansur-Franchomme, 1983a) contribueix en el desenvolupament de la teoria del gel de silici proposada per Anderson amb els resultats dels seus treballs experimentals, obtinguts amb l'anàlisi al MER. Aquests li permeten afirmar que la humitat i els agents abrasius són dos elements essencials en el

procés de formació del poliment. Segons l'autora, la quantitat de dissolució en la superfície del sílex és major en condicions d'humitat, i, per tant, la capa de sílice amorfa (es refereix al micropoliment) està més desenvolupada. La microanàlisi EDAX mostra que aquesta capa és únicament de silici, fet que, segons Mansur, confirma la hipòtesi de la dissolució i redeposició de sílice amorfa (*op.cit.*: 228). A més, en treballs sobre vegetals, observa flors de silici, típiques figures de recristal·lització de sílice amorfa. Pel que fa als abrasius, proposa l'arrodoniment del tall, l'abradió de la superfície i l'estriació com a fenòmens més importants. La presència d'abrasius també incrementa la dissolució, i, per tant, la formació de la capa de sílice amorfa (especialment si l'abrasiu és silici, cas en què hi pot haver incorporació de sílice al poliment).

L'aportació essencial de Mansur-Franckomme a la teoria del gel de silici és el model de formació de les estries. Donat que la superfície silícia es transforma en un gel de sílice amorfa durant el treball, les partícules abrasives actuen sobre un gel, i, conseqüentment, la morfologia de l'estria depèn del grau de fluïdesa d'aquest gel durant la utilització (*op.cit.*: 229). Segons aquest model, es pot distingir entre: 1) gel fluid (màxima dissolució, gairebé líquid; es dona quan hi ha molta humitat o molt de silici en la matèria treballada, com és el cas de les gramínies); formació de poques estries, del tipus *filled-in*; 2) gel intermedi (format en el treball de fusta i pell mullada); formació de *smooth-bottomed troughs*, d'estries de fons llis, recobert de sílice amorfa, degudes a deformació lineal de la microsuperfície quan les partícules arrencades són arrossegades per sobre de la superfície; i 3) gel sòlid (dissolució mínima, pròpia del treball sobre material sec, especialment pell); formació de *rough-bottomed troughs*, estries de fons granular, resultat de la remoció de cristalls de la superfície.

Plisson i Mauger (1988) observen una degradació de les traces d'ús per processos químics, en diferents graus depenent del material treballat, el tipus de sílex i la solució química emprada. D'aquesta evidència, en dedueixen una composició diferencial dels poliments, derivada de la naturalesa química de cada matèria treballada. Si el poliment fos producte de l'abradió, diuen, no es donaria aquesta resposta diferencial als atacs químics.

Recentment, Christensen ha proposat un nou model, en el qual el poliment és un fenomen considerat bàsicament additiu o deposicional (Christensen, 1998). L'autora desenvolupa un mètode per a la determinació dels poliments mitjançant la seva caracterització fisicoquímica (MER i un accelerador de partícules -AGLAE), i arriba a la conclusió que “... *le poli résultait bien d'un dépôt de micro-fragments de matière travaillée dont l'analyse de composition élémentaire permettait de caractériser directement le matériau responsable de la production du poli d'utilisation*” (*op.cit.*:185).

Christensen parteix de la premissa que no hi ha diferències quant a composició en elements minerals entre matèria treballada i zona polida. Així, proposa que quan s'utilitza un instrument per treballar un material, es produeix una transferència d'elements químics (minerals) de la matèria intervinguda cap a la superfície de l'eina. Hi ha més transferència quan es treballa matèria animal dura (Ca i P en el cas de l'os), mentre que quan es treballa fusta, n'hi ha menys (transfereixen únicament elements minerals, i no el carboni). Sobre la superfície originalment rugosa del sílex, s'incrusten els components minerals i a vegades orgànics de la matèria treballada, fins a formar una superfície llisa. L'abrasió, doncs, no intervé com a factor creador del poliment, que és deu únicament a un dipòsit. Només a la llarga, l'abrasió té un paper actiu, eliminant poliment en arrencar fragments de l'eina en forma d'escantells i microfracturació.

Segons Christensen, les diferències entre els poliments que s'observen òpticament s'expliquen per la qualitat de transferència de la matèria treballada sobre la superfície de l'eina, cosa que confirma el valor diagnòstic dels poliments.

Aquest model entra parcialment en contradicció amb la teoria del gel de sílice. Si bé hi coincideix amb la importància de la captació d'elements de la matèria treballada en la superfície de l'eina, per a Christensen sembla improbable la formació d'una capa de gel de sílice amorfa per acció tèrmica, ja que es precisaria una temperatura massa elevada. Tampoc observa cap reacció química que pugui formar gel de sílice.

### B. Poliment per abrasió

En aquest apartat agrupem els treballs que han explicat el procés de formació del poliment en base a fenòmens purament mecànics, a la pèrdua de material com a resultat d'una abrasió de la superfície a causa de la fricció generada pel treball.

Semenov, tot i no estudiar específicament el procés de formació del poliment, classifica el desgast friccionat en tres categories successives: de *polishing* a *grinding* (esmolar, moldre), i d'aquest a *rasping* (raspar) (Semenov, 1964). En aquest sistema, el poliment suggereix deformació plàstica, per mitjà de desplaçament de material o factors fisicoquímics. La formació del llustre de cereal l'explica per fenòmens mecànics, donant com a únic responsable de la seva lluïssor l'abrasió del sílex pels glòbuls d'òpal de les plantes.

Els autors que primer posen un especial èmfasi en el caràcter estrictament atricial del poliment en objectes lítics són Diamond i Ahler. El primer (Diamond, 1979) afirma que la calor produïda durant el treball és insuficient per a provocar la fusió del silici, i explica el poliment per un procés subtractiu, resultat d'una alta atrició que elimina una microscòpica part del sílex, amb o sense un procés químic

concomitant. Les partícules despreses de les parts altes del microrelleu a causa de la fricció funcionen com a abrasius i contribueixen al desgast. Parla de desgast abrasiu suau, desgast per fractura de fatiga i desgast per fatiga de superfície (*op.cit.*: 165). Assenyala, finalment, que no hi ha transferència de material des dels punts alts del microrelleu a les zones més deprimides. Ahler, per la seva banda, confirma una absència total de dipòsits de nova formació en les peces de falç, i explica el poliment per mecanismes estrictament abrasius (Ahler, 1979). Al mateix temps, s'elabora un model basat en el comportament fràgil de materials com el vidre per a explicar les deformacions per ús (Lawn & Marshall, 1979).

Poc després de la formulació de les hipòtesis de la dissolució de la sílice, Masson dirigeix la seva recerca provar, mitjançant la difracció de RX i l'anàlisi al MER, l'existència d'una capa de sílice amorfa a la superfície dels objectes. Els resultats dels seus treballs qüestionen seriosament la teoria del gel de sílice, tot adduint que la presència de sílice amorfa, així com una reorganització superficial de sílex, no han estat demostrats. D'entrada, observa coincidència entre el llustre de cereal i l'erosió natural. Les seves anàlisis no permeten detectar cap canvi estructural del sílex o d'altres roques degut a l'ús. Per a Masson, la calor obtinguda durant el treball de sega de cereals no pot causar canvis mineralògics en la superfície del sílex. De fet, la difracció de RX no detecta òpal amorf ni òpal cristobalita - tridimita (Masson *et al.*, 1981: 51). És cert que la tècnica utilitzada pot ser insuficient per a detectar la hipotètica capa de sílice amorfa, que hauria de ser molt fina (escala en Angstrom), però, d'existir, seria impossible que en ella hi quedés capturat cap tipus de residu, ni que fos capaç de donar un aspecte tan polit a la superfície. A més, Masson *et al.* posen en dubte que una capa d'aquestes característiques es pugui conservar en objectes arqueològics. En aquest sentit, afirmen, algunes neoformacions de sílice superficials, com les flors i els glòbuls de silici s'han d'atribuir a alteracions postdeposicionals.

L'única amorfització en pel·lícula de sílice superficial causada per l'ús demostrada, segons aquests autors, es deu a fenòmens d'atrició, de pèrdua de substància per arrasament progressiu de la roca.

Segons Masson (1982:35), és important la influència de la matèria primera de l'eina en l'aspecte de les traces d'ús, que s'exerceix en base a dos grups de caràcters: el gra i l'heterogeneïtat, d'una banda, i la cristal·linitat i la duresa, de l'altra.

Meeks *et al.* (1982), mitjançant l'anàlisi al MER, interpreten que l'aparència de capa afegida de les superfícies polides és una il·lusió causada per l'arrodoniment dels talls i les cicatrius de les fractures. En el seu estudi, conclouen que la formació del poliment és el resultat de l'alteració de la superfície causada per mecanismes únicament friccional.

Una altra autora que proposa un caràcter atricional del poliment és Levi Sala (1988, 1993, 1996). L'objectiu de la seva recerca és veure si el poliment en el sílex es pot atribuir únicament al fenomen de deformació plàstica (que comporta una acció mecànica) o si també es forma gel de sílice (a través de la hidròlisi). Aquesta autora nega l'existència d'una capa de sílice dissolta tot afirmant que la temperatura aconseguida durant el treball és massa baixa per a produir la fusió suficient del silici (punt de fusió 1500 °C) en una regió prou àmplia de la superfície. Per altra banda, per a formar-se un gel, les temperatures s'haurien de mantenir moderades en tota la fase, ja que les altes temperatures descompondrien el gel. Per altra banda, comenta que per a l'existència d'una capa hidrolitzada s'hauria de provar una interacció química de l'aigua amb el sílex. Si bé estan provats certs processos de dissolució i redeposició de silici, segons l'autora, aquests sempre es donen en mitjans amb gran quantitat d'aigua. Els resultats dels seus experiments mostren que el paper de l'aigua no és essencial, ja que ha aconseguit poliments desenvolupats en sec o utilitzant líquids polars. L'aigua, doncs, facilitaria el procés de poliment estovant el material treballat i augmentant el contacte i l'adherència entre les dues superfícies. Els materials mullats retindrien més partícules despreses del sílex que els secs, efecte que facilitaria l'abrasió.

A més, Levi Sala afirma que la idea de les altes temperatures com a mecanisme de formació del poliment i la idea d'una superfície polida comprnent una capa substancial de gel de silici són exclusives mútuament, ja que de produir-se altes temperatures puntuals, es destruiria qualsevol capa de gel formada en superfície a causa de l'evaporació de l'aigua en la seva composició (Levi Sala 1996: 67).

Pel que fa a l'aspecte de capa homogènia del poliment, l'autora explica que la deformació plàstica quasi sempre implica la formació d'una capa de sílice amorfa, perquè les partícules de la superfície del sílex ja no estan ordenades de la mateixa manera que en la superfície fresca. La sílice amorfa en aquest context significa sílice sense l'estructura periòdica pròpia de la sílice cristal·lina, i ha de distingir-se del gel de sílice.

Per a Levi Sala, doncs, l'allisat de la superfície del sílex respon a una combinació de deformació plàstica més remoció d'aspreses superficials. Les aspreses remogudes, durs cristalls de quars, afecten la superfície del sílex induint una deformació plàstica de baixa càrrega. Alguns dels fragments despresos, poden restar inclosos en la matèria treballada i actuar com a abrasius. La presència d'aigua pot actuar retenint aquests petits fragments i formant una mena de pasta que afavoreix el desgast per deformació plàstica (Levi Sala, 1996: 67). En aquest sistema, una variable important, més que la calor, és la pressió.

Pel que fa al cas concret del llustre de cereal, Levi Sala nega que el silici de les plantes sigui el causant de la llisor de les superfícies pel fet que s'hagi dissolt, ja que en els seus experiments ha aconseguit el mateix tipus de poliment amb pasta de

diamant com a abrasiu. Els fitòlits de les plantes, doncs, més que com a fonts de silici, s'han de contemplar com a partícules abrasives.

De Levi Sala, cal destacar, finalment, la seva interpretació de les estries. Ella les explica com a efecte de les partícules que es desprenen del tall actiu i de la mateixa superfície del sílex. En el cas de les *fern-like*, es dona un arrossegament de les esmentades partícules, les bandes llises les hauria allisat el fragment en desplaçar-se, i l'aparença de fulla de falguera la donarien els trencaments formats en l'empremta deixada per l'arrossegament principal.

Yamada (1993), seguint en la línia que acabem d'exposar, exclou el fenomen de formació d'un gel de silici com a generador del poliment, presentant com a arguments la variabilitat existent entre les traces obtingudes en el treball de les diverses matèries i la inconsistència del plantejament que una capa tan extremament prima pugui atrapar residus i donar un aspecte polit a la superfície de l'eina. Per a Yamada, el caràcter adicional del poliment es deu a un fenomen òptic. Els seus experiments seqüencials demostren que la distribució de certes traces (estries, forats) no canvien de posició durant el procés de treball, sinó que es van suavitzant progressivament per desgast (*op.cit.*: 439-443). Si la teoria del gel de silici fos certa, en conclou, aquesta distribució variaria amb el temps d'utilització.

Aquest autor afirma que l'aspecte de les superfícies polides es deu al desgast per abrasió, i que depèn de la duresa, viscositat, elasticitat i textura de la superfície de la matèria treballada. Accepta, no obstant, la possibilitat que es donin processos de fusió, reacció química, fluid plàstic, microabrasió, etc. a una escala molt petita. Contempla també la possible formació d'una fina capa (inferior a 1µm), tova, hidrolitzada, en la superfície, que és arrencada per la fricció durant l'ús.

Pel que fa a les estries, Yamada (1993: 436) les inclou en la mateixa categoria que el poliment, tot afirmant que superfície polida està constituïda per un gran nombre d'estries fines, encara que hi hagi ratlles secundàries.

### *C. Fenòmens combinats*

Hi ha diversos autors que han treballat en el problema de la formació del poliment i que han donat importància tant a fenòmens químics com mecànics.

Del Bene (1979) avalua el paper de la calor produïda durant el treball, però la troba insuficient per a ser la causant de l'aspecte superficial de les zones polides. Divideix el poliment entre deposicional i mecànic; el primer es produiria per deposició d'alguna substància aliena com els fitòlits opalins (mitjançant enllaç elèctric, químic o tensió superficial), mentre que el segon i principal es produiria mecànicament per abrasió i deformació plàstica de la superfície del sílex. En aquest punt introdueix el



concepte de translocació: allisat de la superfície per remoció de material de la seva posició original i desplaçament a un punt adjacent, on hi ha redeposició o adhesió en un estat deformat (Del Bene, 1979: 172).

En la mateixa línia, Kaminga (1979) distingeix entre poliment de fitòlits i allisat per abrasió. El llustre de cereal estaria produït per interacció química entre l'aigua, l'òpal contingut a les plantes i la superfície de l'eina. L'allisat estaria causat per la intrusió de partícules abrasives, invariablement quars o petits fragments de la mateixa eina (*op. cit.*: 154).

Unger Hamilton (1984, 1988, 1989) aposta també per una doble caracterització del poliment: per atrició i per dipòsit. Per a ella, el poliment resulta de l'abrasió de la superfície combinada amb un revestiment llis, molt prim (incapaç d'incloure residus de la matèria treballada) de silici. Dóna prioritat a les reaccions físiques enfront a les químiques. Explica el procés d'alliberament de sílice amorfa per l'abrasió i la humitat de la matèria treballada. Dintre del gran nombre de factors que intervenen en la formació del poliment, els més importants, segons aquest model, serien la duresa, la humitat i l'estructura de la matèria treballada. Per això, matèries d'origen molt diferent poden produir poliments molt semblants, i una mateixa matèria en diferents estats en pot produir de diferents (Unger Hamilton 1989: 668). En matèries dures, explica, es dóna un allisat total i un poliment de les parts altes del microrelleu; en matèries de duresa mitjana, es dóna un poliment a les parts altes; i en matèries toves poliment a les parts altes i baixes. La llusor dels cereals es deuria bàsicament al seu contingut en silici (pel seu poder abrasiu) i la velocitat en la seva formació estaria afavorida per la humitat.

Un altre model mixt és el que presenta Knutsson (1988a). Aquest autor utilitza la terminologia i els conceptes de les ciències de materials i de la sedimentologia (exoscòpia del quars) per a elaborar un model del desgast en objectes de quars. Adopta el sistema tribològic, que es caracteritza per la presència de dos o més cossos en un contacte de superfície mecànic no estàtic, i que s'ordena en tres grups de paràmetres (*op. cit.*: 63): 1) el disseny, que inclou la força, moviments i forma de les parts implicades i que afecta la funció desitjada del sistema; 2) el material ( propietats, combinacions, etc.); i 3) el medi interfacial que es crea durant l'ús per la combinació específica de la matèria primera de l'instrument i de la condició i composició de la matèria treballada. Inclou també variacions de temperatura, pressió, etc.

El moviment entre els cossos causa fricció en les superfícies. La fricció es defineix com la força paral·lela a les superfícies en moviment, i resulta en desgast, el qual, al seu torn, es defineix com el transport de material entre, o des de, les superfícies interactuants.

El model de deformació que proposa Knutsson (*op. cit.*: 85-87) contempla diversos fenòmens: remoció de material a través de la microfracturació, fractura

subsuperficial per fatiga del material, precipitació de sílice, dissolució (especialment en condicions molt alcalines) i deformacions plàstiques (especialment en materials durs i secs). Depenent de la variació dels cossos del sistema, un o diversos d'aquests fenòmens actuen.

Conclou que el principal fenomen del desgast és la fractura, i les diferències entre els diferents tipus que en documenta depenen en gran mesura de la geometria de la superfície del quars, de la duresa del material treballat i de la pressió aplicada. Degut a la variació entre els materials treballats i en la composició resultant dels medis interfacials, els esdeveniments de fractura estan precedits per, interactuen amb, o són seguits per altres fenòmens com la precipitació de silici, deformació i dissolució.

L'addició de sílice al medi interfacial té diferents orígens: producció constant de fragments de roca durant el treball que són altament reactius amb l'aigua; formació de fines capes, també reactives amb l'aigua; l'addició de sílice amorfa, fàcilment soluble en aigua, procedent de la matèria treballada; forta pressió i calor que poden causar fenòmens de dissolució en específiques condicions per mitjà d'alta pressió hidrostàtica; i formació d'un fort medi interfacial alcalí, que estimula la dissolució del quars de la superfície de l'objecte i afegeix sílice al mateix medi.

Knutsson documenta la formació de capes construïdes, que es deuen a l'acumulació de petits fragments de quars, que es desplacen del tall cap a l'interior durant l'ús. Aquestes estelles formen una superfície parcialment hidratada que actua com a adhesiu. A més, documenta el creixement de sílice en forma de glòbuls i flors.

L'aplicació d'un atac químic amb àcid bifluorat d'amoni ( $\text{NH}_4\text{HF}_2$ ) a la seva sèrie experimental, per tal d'eliminar la capa de material superficial estressat o dipositat, permet a Knutsson contrastar els fenòmens mecànics i químics (dissolució i precipitació) plantejats.

Fullagar (1991) fa aportacions a la qüestió de la formació del poliment intentant avaluar el paper de la sílice com a variable essencial. Recull els resultats dels estudis sobre poliment de vidre realitzats els anys 60 per Cornish. Aquest autor, com després farà Knutsson, plantegen que la precipitació de silici, el desplaçament de superfície i altres formes de dissolució de la sílice no són tant importants com altres mecanismes.

Cornish i Watt, en contrast amb el concepte del gel de sílice, havien proposat el d'una capa parcialment hidrolitzada com a factor important en la proporció de poliment. Aquesta, es va descriure com una capa superficial en la qual les molècules d'aigua s'haurien difós cap a l'interior i s'haurien debilitat els enllaços de l'oxigen de la matriu de sílice. Això hauria permès a les unitats de sílice ser remogudes per absorció de l'agent polidor (Cornish & Watt, 1966: 3-5, a Fullagar 1991:2). En el model del vidre, es demostra que el mecanisme predominant en els estadis finals del

poliment és una remoció uniforme; la matriu del vidre és debilitada, permetent que algunes unitats de sílice hidrolitzada siguin atretes per l'agent polidor. Per altra banda, donada la natura de la sílice opalina, el silici es pot dipositar en petites quantitats i reblir petites depressions i forats de la superfície. No és necessari un estat líquid o semilíquid per a tenir un impacte en la imatge microscòpica d'un poliment.

Donat que en el procés de poliment hi estan implicades tant interaccions químiques com físiques, es poden establir diferents estadis del desenvolupament del poliment en funció del predomini d'unes o altres. Fullagar (*op. cit.*: 6) adapta el model del poliment del vidre de Cornish als objectes de pedra, i descriu 4 estadis: 1) *de la superfície fresca de fractura a l'abrasionada* (estabilització i lleuger arrodoniment del tall en el quars i l'obsidiana, erosió inicial, superfície d'aspecte rugós); 2) *de l'anterior al poliment a les parts altes* (anivellament i inici de poliment dels pics del microrelleu, fractures subsuperficials, inicis de descamacions, compactació de material granular a les depressions; aquí la presència d'aigua o d'un agent polidor pot començar a ser un important factor, però la remoció física de material és encara important); 3) *de l'anterior a una extensa i estable superfície polida* (extensió de les fractures subsuperficials, descamació de la superfície i gradual remoció dels defectes de la superfície; aquí el paper de l'aigua és primordial i el poliment ja pot ser distintiu de la matèria treballada); i 4) *de l'anterior a una superfície totalment polida, sense trets del relleu original* (l'aigua i un efectiu agent polidor són essencials, i la interacció química entre aquestes variables i la sílice a la superfície de l'eina són els factors polidors primordials).

Fullagar realitza experiments sobre plantes amb diverses concentracions de silici, utilitzant objectes realitzats amb roques de sílice cristal·lina (quars, quarsita), microcristal·lina (sílex) i amorfa (obsidiana). Acaba conclouent que la quantitat de silici és un factor molt important, especialment quan la planta és fresca. Per tant, l'aigua és un factor decisiu. Confirma també la importància d'un agent polidor en forma de sílice amorfa, ja sigui de la roca o de la matèria treballada. Pel que fa als tipus de roques, troba un grau de formació de poliment diferencial: el més desenvolupat no es forma en les roques cristal·lines, a no ser que es treballin materials silícis; les roques de sílice amorfa arriben al desenvolupat en quasi tots els casos, independentment del material treballat; les microcristal·lines han arribat a l'estadi 3, independentment del contingut de silici.

Hurcombe, (1992), investigadora dedicada a l'anàlisi funcional essencialment en obsidiana, tot i que no exclou totalment l'atrició ni l'addició, dona suport al model de formació poliment basat en la translocació de sílice col·loïdal, segons el qual les àrees llises són producte de la redistribució del material de les parts altes cap a les zones més deprimides (Del Bene, 1979). Recull la idea de la dissolució semiplàstica de la superfície i del transport en dissolució dels components del material (Hayden & Kamminga, 1979), la idea de la capa de gel de sílice (Anderson, 1980a; Anderson-

Gerfaud, 1981) i la importància de la presència de sílice en el desenvolupament del poliment (Fullagar, 1991).

Per acabar, cal fer referència a un model desenvolupat recentment per Sala (1997; Sala *et al.*, 1998; Carbonell *et al.*, 1999c; Márquez *et al.*, 2001), partint de la interacció existent entre l'instrument i la matèria treballada durant l'ús. Aquesta s'estudia en base a un cos teòric i metodològic pres de la mecànica dels medis continus, i, concretament, de la reologia (disciplina que estudia i modelitza les deformacions descrites en medis deformables) (Atkinson, 1987; Barnes, 1989).

L'esforç al que se sotmet l'instrument esdevé el factor clau en la deformació de la seva superfície, la qual depèn de la reacció de l'estructura cristal·lina de la roca en els punts de màxima concentració d'aquest esforç. Els conceptes de la reologia permeten descriure les fases successives del comportament de la roca enfront a l'esforç, tot definint un procés continu de deformació amb uns punts crítics que comporten canvis en el comportament dels materials (Sala, 1997: 35-45).

En resposta a un cert esforç inicial, la roca es comporta elàsticament, sense deformació permanent. Quan l'esforç s'incrementa, la roca arriba al seu límit de resistència i la xarxa no pot absorbir l'estrès, s'entra en el domini de les deformacions permanents. En primer lloc, es dona una deformació dels espais intercrystal·lins, que comporta bàsicament fenòmens mecànics d'erosió (estries i poliments<sup>2</sup>), fracturació, i, en una fase més avançada, compressió de l'espai entre cristalls (deguda a l'esforç, la pressió i la temperatura). Aquesta compressió entra ja en el domini del comportament plàstic.

Si l'esforç continua, apareixen transformacions en l'estructura interna dels cristalls deguts a fenòmens plàstics i químics (*microtwinnings* i finalment dissolució o corrosió química, que trenca els enllaços). La dislocació física del cristall allibera la matèria de l'interior de l'estructura vers la superfície. Disminuït l'estrès, aquesta matèria es deposa i constitueix un capa superficial, que Sala anomena dipòsits de sílice. Aquest dipòsit pot crear-se físicament, tal i com s'ha descrit, o per alteració química (modificació per dissolució d'un dels elements que constitueixen l'estructura).

En aquest model, les deformacions de l'espai intracristal·lí d'origen químic demostren que el poliment no és una qüestió únicament d'abrasió. A més, es proposa que és possible detectar diferències marcades quant a composició química en superfície a les zones deformades. L'autor afirma que un dipòsit es pot definir clarament en secció (Sala, 1997: 167-171) a partir de diferències estructurals entre zona deformada i zona no modificada. La formació d'un dipòsit pot comportar

---

<sup>2</sup> En aquest cas, s'utilitza el terme poliment en un sentit particular, equivalent al terme *smoothing* d'altres autors, i no en el sentit general de superfície amb el microrelleu modificat (Sala, Giralt *et al.* 1998:1135).

incorporació de matèria procedent de la matèria treballada (com Anderson, Christensen, ...), que Sala només confirma haver identificat a nivell experimental.

Els dipòsits pateixen deformacions posteriors a la seva formació, amb els mateixos cicles que la superfície natural de la roca: abrasiu (ruptures que causen estries), compressiu (desplaçament de material dels dipòsits cap als laterals del solc format per compressió) i corrosiu (dissolucions o corrosions que alteren químicament el dipòsit i que permeten alliberar matèria de nova formació per a formar un dipòsit sobreposat) (Sala *et al.*, 1998: 1134; Márquez *et al.*, 2001).

## 2. LA IDENTIFICACIÓ DE RESIDUS DE LA MATÈRIA TREBALLADA

Gairebé des d'un inici, en el marc de l'anàlisi funcional s'ha vingut plantejant la possibilitat d'inferir la funció dels instruments, més enllà dels desgastos presents en la seva superfície, en base als residus que en aquesta s'hi poguessin conservar. Si bé es feia referència a l'existència d'aquests elements, no hi hagué un plantejament sistemàtic general sobre aquest tema fins a finals dels anys 70 / inicis dels 80. Aquesta recerca, però, tret d'alguna excepció, la continuaren arqueòlegs dedicats a la traceologia, i la centraren més al voltant del tema de la formació del poliment que no pas en la possibilitat dels residus com a indicadors de la matèria treballada. Recentment, en els anys 90, han proliferat els treballs d'investigadors més especialitzats, que presenten i contrasten tècniques específiques d'identificació de residus de diversa naturalesa. Aquests han posat de manifest, bàsicament, la necessitat d'un tractament específic per als residus i la conveniència d'estudis complementaris (traceologia, residus, tafonomia, zooarqueologia, etc.) per a poder arribar a fer inferències de tipus funcional. Tot i no ser els residus l'objecte d'estudi principal del present treball, la nostra recerca ha tingut en compte aquesta problemàtica, i, per tant, aporta una sèrie de dades al respecte. Passem primer, però, a exposar breument les principals línies desenvolupades en aquest camp.

Com ja hem esmentat, en diversos dels treballs inicials sobre els desgastos d'ús, ja es contemplaven els residus (Semenov, 1964; Brose, 1975; Kamminga, 1977; Keeley, 1980, etc.), però no hi havia un interès específic per ells. Briuer (1976) comença a centrar la seva atenció en aquest tema, utilitzant reactius estàndards per a identificar residus animals i vegetals (sang, midó...), però posa de manifest la dificultat d'establir la relació existent entre les restes identificades i l'objecte estudiat.

Altres autors inicien línies de recerca centrades en els residus orgànics (Hayden, 1979). Ahler (Ahler, 1979) resalta la importància de detectar substàncies alienes a l'eina adherides a la superfície, encara que no totes provinguin de la matèria treballada. Clouse (1979) i Broderick (1979) realitzen identificacions mitjançant tècniques basades en la cromatografia. Broderick identifica aminoàcids en eines de

pedra amb l'objectiu de conèixer l'animal o la planta intervinguts (*op. cit.*: 375), però hi ha problemes per manca d'una col·lecció de referència àmplia. Aquesta mancança l'esmenten també Shafer i Holloway en el seu estudi d'un conjunt arqueològic relativament modern (Hinds Cave, 5000-2000 BP) (Shafer & Holloway, 1979). Aquests autors aconseguen identificar tant residus vegetals (fitòlits, grans de midó, cèl·lules epidermals) com animals (pèl)<sup>3</sup>.

Del Bene, en la seva recerca sobre la formació del poliment, ja parla de la possible generació d'una capa per acumulació de fitòlits, però deixa molt clar que no hi ha fusió, que és una capa que recobreix la superfície de l'eina: "*The polish layer clearly is a separate entity resting on or adhering to the implement surfaces*" (Del Bene, 1979: 172). El mateix autor, en un treball posterior (Del Bene, 1980) presenta un experiment de treball sobre esteatita (un silicat de magnesi) on, mitjançant el MER i la microanàlisi, detecta magnesi incorporat a la zona polida. Prova la possibilitat que residus de la matèria treballada es conservin en les fissures de la superfície. Quan parla de poliment deposicional, doncs, es refereix clarament a una capa de residus adherits a la superfície de l'eina.

Poc després, Anderson (Anderson, 1980a, 1980b; Anderson-Gerfaud, 1981) confirma que existeixen residus adherits a la capa de poliment, i que són diagnòstics de la matèria treballada, especialment en el cas de les inclusions minerals de les plantes (fitòlits) i del teixit d'os. Segons l'autora, són residus que es mantenen després d'una neteja, i, per tant, estan inclosos en el poliment. En la seva recerca, utilitza tant anàlisis químiques (amb reactius) com anàlisis morfològiques (microscopi) (Anderson-Gerfaud, 1986). Els residus que identifica s'haurien acumulat en la franja adjacent a la zona que presenta més deformació, i la seva preservació dependria del microrelleu de la matèria primera. Identifica fitòlits (cossos de silici desarticulats, cèl·lules epidermiques articulades), dipòsits de calci, oxalats de calci i residus minerals procedents de materials lítics o d'origen animal (magnesi, carbonats, fòsfor...). Observa també residus de naturalesa silícia en objectes d'os, que explica per una transferència de sílice procedent dels vegetals treballats (Stordeur & Anderson-Gerfaud, 1985).

Mansur-Francomme (1983a) també descriu residus, en un estudi sobre la formació del poliment en treball sobre pell. En la línia d'Anderson, parla d'inclusió: "*In many cases it was possible to observe hide residues adhering or embedded in the microwear polish. X-ray dispersive analysis indicated that these residues were not mineral, and the fact that they survived the treatment with hot H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> indicated that they are completely covered by silica*" (*op. cit.*: 226). En constatar que són diferents als

---

<sup>3</sup> Sobolik identifica també pèl i fibres vegetals en un estudi posterior de material del mateix jaciment (Sobolik, 1996), on combina l'anàlisi de residus orgànics amb l'angle del tall actiu i l'anàlisi traceològica per a determinar correlacions entre el tipus d'objecte i el tipus d'acció, així com els materials utilitzats pels emmanegaments.

presentats per Anderson, Mansur proposa que aquests residus es poden prendre com a indicatius de la matèria treballada.

Masson (1982), en una línia oposada a les anteriors autores, diu que no hi ha cap prova d'inclusió dels residus vegetals en la zona polida, sinó que aquests estan adherits a la superfície, sense cap repartició preferencial, i depenent únicament del relleu de la roca. Aquests resultats els confirma Unger-Hamilton (1984, 1989), que tampoc detecta cap inclusió de residus orgànics en les zones polides a partir dels quals identificar la matèria treballada. Aquesta autora posa èmfasi en la possibilitat d'interpretar erròniament com a residus el que realment són inclusions originals de les roques (sobretot si no s'utilitza el MER). Per altra banda, comenta que per a poder treballar sobre els residus adherits a la superfície, s'haurien de donar unes condicions de conservació excepcionals.

En un estudi centrat en instruments de quars, Knutsson (1988a) proposa la possibilitat que es produeixi una acumulació de material desplaçat per acció mecànica i posteriorment adherit, en àrees de la superfície de l'eina menys afectades per la fricció. Es tractaria d'una capa construïda bàsicament per petits fragments de quars despresos i redipositats (en forma de pel·lícula i de glòbuls de sílice). En aquesta capa hi podrien quedar inclosos òpals procedents de les plantes, o elements com el Ca i el P en el cas del treball sobre os o asta.

A finals dels anys 80, la discussió entre els investigadors dedicats a les deformacions per ús està centrada en la naturalesa inclusiva o adhesiva dels residus i en la possibilitat d'utilitzar-los en la diagnosi de la matèria treballada. Van Gijn (1990), intenta distingir els residus del poliment, i manté en aquesta darrera categoria únicament el que suporta una neteja en una solució àcida (pH=5). El que s'eliminarà amb aquesta neteja serien els residus pròpiament dits, material clarament adherit, que tindria poques possibilitats de conservar-se arqueològicament. Hurcombe (1992) utilitza els mateixos criteris basats en la neteja per a diferenciar el que són els residus. També coincideix en què els adherits tenen poques possibilitats de perdurar, mentre que els que formen part de la superfície es poden conservar més fàcilment. Això es deuria a la seva gènesi: la superfície de l'eina experimentaria una dissolució parcial durant l'ús, moment en què elements de la matèria treballada podrien quedar inclosos totalment o parcialment a la capa de sílice (*op. cit.*: 18). Els residus no removibles més comuns per a Hurcombe són els fitòlits (Hurcombe, 1985), per als quals, però, confessa tenir problemes d'identificació taxonòmica per manca de col·lecció de referència.

Tot i aquesta distinció, els autors que segueixen plantejant un caràcter bàsicament atricial del poliment continuen presentant objeccions a l'existència de residus inclosos. Basen els seus raonaments en la inexistència d'una capa superficial on físicament s'hi pugui incloure cap partícula (Yamada, 1993). Levi Sala opina que per a la incorporació de fitòlits i altres residus, serien necessàries altíssimes

temperatures (que experimentalment no aconsegueix) (Levi Sala, 1996). Si bé aquesta autora accepta l'existència d'una capa superficial deformada plàsticament, no superior a 1µm, afirma que en cap cas seria suficient per a incloure residus com els fitòlits (de dimensions superiors a 10µm). Els residus de la matèria treballada adherits a la superfície del sílex, segons els experiments de Levi Sala, són poc susceptibles de conservar-se arqueològicament (ja que la neteja o el moviment en el sediment els elimina).

Tal i com hem esmentat en l'apartat anterior, el model de formació del poliment proposat recentment per Christensen té molt a veure amb els residus. Aquesta autora (Christensen & Walter, 1991; Christensen, 1998) interpreta bàsicament el poliment com una acumulació de material adherit a la superfície del tall actiu de l'objecte. Contempla, doncs, dins la categoria del poliment els elements minerals i orgànics transferits de la matèria treballada. Manté la denominació de "residus" pels fragments identificables d'aquesta matèria treballada sobreposats a la superfície de l'objecte, que conserven morfologia i característiques fisicoquímiques (com fitòlits, sang, restes de l'emmanegament...).

A banda de tots aquests estudis, centrats bàsicament en el procés de formació del poliment i en el paper que hi podien tenir els residus orgànics, es va anar dibuixant una línia d'anàlisi paral·lela, més especialitzada. Seguint els passos de Briuer, Ahler, Clouse, Broderick o Shafer i Holloway, esmentats més amunt, s'anaren desenvolupant mètodes per l'anàlisi dels residus basats en la microscòpia, la histologia, la bioquímica, la immunoquímica, la ciència forense i la biologia molecular.

D'una banda, s'havia anat avançant en els estudis sobre els residus vegetals recuperats a la superfície dels objectes. Les tècniques desenvolupades permetien identificar diversos elements procedents de plantes: grans de pol·len, cristalls d'oxalat de calci, rafidis, parets cel·lulars, traqueïdes, fibres epidèrmiques, grans de midó, fitòlits, vasos i fibres de diferents plantes, arrels, etc (Briuer, 1976; Shafer & Holloway, 1979; Anderson, 1980a; Anderson-Gerfaud, 1981, 1986, 1990; Fullagar *et al.*, 1992; Hurcombe, 1992; Loy *et al.*, 1992; Loy, 1994; Hardy, 1994).

De forma paral·lela, s'havia progressat en la recerca relativa als residus d'origen animal. Els estudis de Loy sobre identificació de sang de diverses espècies en objectes arqueològics a partir de la cristal·lització de l'hemoglobina (Loy, 1983) havien assentat les bases d'una nova recerca. A banda de la sang, aquest autor aconseguí també identificar pèl, col·làgena, teixits musculars, greixos i ploma (Loy, 1985, 1986, 1987; Loy & Nelson, 1987; Loy & Wood, 1989; Loy & Hardy, 1992; Loy, 1993; Loy & Dixon, 1998).

Es treballà també sobre residus amorfs de matèria orgànica: betum, quitrans, ceres vegetals i d'abella, greixos animals i vegetals, esterols, etc. (Evershed *et al.* 1991; Boëda *et al.* 1996; Regert, 1996).



Durant els anys 90 hi ha hagut una proliferació de treballs sobre residus, centrats especialment en tres camps: sang, ADN i residus vegetals.

Pel que fa a la sang, a banda de recerques centrades en la identificació morfològica per microscòpia (Hortolà, 1992a, 1992b, 2001), s'han desenvolupat gran quantitat de tests immunològics i bioquímics per a detectar-la, seguint la línia oberta per Loy (Gurfinkel & Franklin, 1988; Newman & Julig, 1989; Hyland *et al.*, 1990; Cattaneo *et al.*, 1993). Dels resultats d'aquesta recerca se'n desprèn que, si bé les proteïnes es degraden ràpidament, l'hemoglobina resta més estable que les altres. Es realitzen experimentacions concretes dirigides a avaluar la seva possible conservació en objectes arqueològics, i es conclou que la identificació de sang en objectes arqueològics és difícil però possible (Gurfinkel i Franklin, *op. cit.*). Cattaneo *et al.* coincideixen en què s'ha de donar tota una sèrie de condicions comportamentals i tafonòmiques per a la conservació de la sang (*op. cit.*: 41). Altres autors són més escèptics respecte a l'aplicabilitat d'aquests tests a eines antigues (Kooyman *et al.*, 1992; Smith & Wilson, 1992), ja que, si bé poden funcionar experimentalment, es detecten masses problemes de conservació (Eisele *et al.*, 1995; Downs & Lowenstein, 1995). Tuross i els seus col·laboradors, tot i arribar a identificar sang en objectes arqueològics de Monte Verde (Xile) (Tuross & Dillehay, 1995), reiteren en la necessitat d'una conservació excepcional per a disposar de la reacció immunològica necessària per a la identificació de proteïnes (Tuross *et al.*, 1996; Evershed & Tuross, 1996). Fiedel fa una valoració global de la recerca sobre residus de sang (Fiedel, 1996), qüestiona alguns dels resultats obtinguts i posa en evidència que les diferents tècniques funcionen bé amb material actual, però no a nivell arqueològic. Els tests cecs, segons Fiedel, donen resultats bastant negatius (*op. cit.*: 144); tenen inconsistències, les diferents tècniques immunològiques desenvolupades no donen resultats coincidents, i les espècies identificades no concorden amb el registre zooarqueològic.

Les conclusions que es treuen després de més de 10 anys d'intensa recerca sobre els residus de sang és que les proteïnes es degraden ràpidament, que els anticossos utilitzats en la seva detecció poden reaccionar amb més d'una espècie, i que les mostres poden estar contaminades amb substàncies que interfereixen amb la detecció. Són, doncs, mètodes amb poca resolució, i s'intenta reconduir la recerca per una altra via, l'ADN.

L'ADN, tot i que també es degrada i pot igualment ser contaminat, és generalment més estable que les proteïnes i difereix més entre espècies, oferint així una millor resolució per identificar espècies i subespècies (Kimura *et al.*, 2001: 45). El desenvolupament de la reacció en cadena de la polimerasa (PCR) va fer possible la detecció de petites quantitats d'ADN, cosa que permeté la realització d'estudis sobre ADN antic (Krings *et al.*, 1997; Hardy *et al.*, 1995).

L'estudi d'ADN en instruments lítics prehistòrics ha tingut resultats desiguals. Loy i Dixon (Loy, 1993; Loy & Dixon, 1998) utilitzen estudis d'ADN conjuntament amb anàlisi de proteïnes i cristal·lització d'hemoglobina per a identificar l'espècie intervinguda amb uns instruments lítics de col·leccions d'Alaska. Hardy *et al.* identifiquen seqüències d'ADN de diverses espècies procedents d'objectes mosterians de La Quina (Hardy *et al.*, 1997).

Tot i els experiments sobre la tafonomia de l'ADN (Hardy *et al.*, 1997; Tuross, 1994; Gaensslen *et al.*, 1994) es coneix poc com es degrada en medis arqueològics. Kimura *et al.* (Kimura *et al.*, 2001) proposen l'avaluació de les tècniques a partir de l'estudi d'un conjunt de rascadores etnogràfiques que han treballat la pell. Conclouen que aquest material deixa prou residus com per a fer una anàlisi d'ADN. Amb unes bones condicions de conservació, tot i que en baixa freqüència, es podria recuperar d'objectes arqueològics. El problema és que el que es recupera no està forçosament relacionat amb l'ús de l'instrument (Brown & Brown, 1992).

En el camp de les restes vegetals, finalment, també s'han realitzat avenços importants. S'han presentat noves tècniques per a la identificació de fitòlits (Jakes & Mitchell, 1996; Piperno, 1988; Kealhofer *et al.*, 1999) i grans de midó (Piperno & Holst, 1998; Barton *et al.*, 1998); i s'han identificat fibres vegetals mitjançant MER i microanàlisi en objectes arqueològics (D'Errico *et al.*, 1995; Jähren *et al.*, 1997; Hardy & Garufi, 1998; Prince, 2000). Pel que fa a les tècniques immunològiques, s'ha donat un toc d'alerta respecte a les qüestions de conservació i contaminació (Leach, 1998).

En general, tots els estudis recents sobre residus, posen èmfasi en la necessitat d'una recerca interdisciplinària, que integri dades del desgast dels instruments, dels residus, de la zooarqueologia, de la tafonomia, etc. *“In order to perform the analysis properly, stone artefacts must be examined prior to washing. For this reason, microscopic residue analysis should be included in the original research design of a project. Microscopic residue analysis can potentially identify classes of remains which are otherwise undetected (...). However, microscopic residue analysis should not be performed in isolation. It should be supported and corroborated by evidence from use-wear studies to help establish that the residues observed are related to tools use. Finally, as with all specialized techniques, it should be placed into the broader archaeological context before functional and behavioural interpretations are made”* (Hardy & Garufi, 1998: 182-183).

### **3. LES MODIFICACIONS DE LA SUPERFÍCIE DEGUDES A FENÒMENS POSTDEPOSICIONALS**

Aquesta classe de modificacions de la superfície dels objectes d'ús, referida a la bibliografia com *Post-Depositional Surface Modifications (PDSM)* adquireix una

gran importància a l'hora de realitzar inferències a partir de les traces observades en els objectes arqueològics. El coneixement dels fenòmens que poden alterar els objectes, i els efectes concrets que poden produir sobre la seva superfície, és essencial per a la realització d'una anàlisi funcional. Aquest aspecte, en conjunts arqueològics antics, com els que presentem en aquest treball, adquireix una especial importància.

El grau de desenvolupament d'aquest tipus d'alteracions, tal i com diuen diversos autors, està estretament lligat al medi sedimentari i als processos diagenètics que afecten el registre arqueològic (Keeley, 1980: 28-35; Plisson, 1986; Mansur-Francomme, 1986; Plisson & Mauger, 1988; Levi Sala, 1986a, 1986b, 1996; Beyries, 1990).

Les modificacions postdeposicionals, ja siguin mecàniques o químiques, poden presentar certes similituds morfològiques amb les deformacions reals d'ús. S'han realitzat experiments dirigits a caracteritzar aquest tipus d'alteracions, des dels treballs inicials de Rottlaender (1975, 1976) i Stapert (1976), dirigits a reproduir la patina, passant pels estudis de Plisson (1986; Plisson & Mauger, 1988), on s'analitza la degradació de la superfície dels objectes amb deformacions d'ús per processos químics i, entre d'altres, pels estudis de Levi-Sala (1986a, 1986b, 1996), que fa una revisió general de les alteracions postdeposicionals, tot posant un especial èmfasi en els processos mecànics com a agents alteradors. Les principals conclusions d'aquests estudis fan referència a la importància del coneixement dels processos postdeposicionals com a factors limitadors de l'anàlisi funcional, intentant avaluar fins a quin punt impossibiliten el reconeixement de les deformacions degudes a la utilització dels instruments (Shea & Klenck, 1993). A la coincidència morfològica entre deformacions per ús i postdeposicionals, cal afegir la seva coincidència topogràfica en l'objecte (Levi Sala, 1996: 71).

Un dels fenòmens postdeposicionals més tractats per la bibliografia és el llustre de sòl, (*soil sheen*, *glossy patina*, *surface sheen*, etc), que està descrit com una brillantor uniforme sobre tota la superfície de l'objecte, especialment a les vores i en zones prominents. Varia en intensitat des del suau fins al *desert varnish* o llustre intens, que s'atribueix a l'efecte de l'abració del vent i la sorra. S'ha plantejat que sigui el resultat d'un poliment mecànic, per l'acció abrasiva de la sorra -per *trampling*, bioturbació, vent, o simplement per la pressió exercida pel sediment que envolta els objectes (Cahen & Moeyersons, 1977; Rowlett & Robbins, 1982; Villa & Courtin, 1983; Plisson & Mauger, 1988). En general, es dona molta importància a les dificultats que comporta per a l'anàlisi funcional aquest tipus d'alteració, ja que pot obliterated completament les deformacions d'ús (Stapert, 1976).

El segon gran grup de deformacions postdeposicionals són els anomenats *bright spots*. Han estat descrits com plaques de poliment molt llises i brillants, de dimensions variables (des d'un petit punt a la superfície sencera) i que poden aparèixer solts o agrupats. Poden tenir un relleu pla o voluminós, i una textura llisa o

estriada. En la majoria d'estudis funcionals, tot i ser advertits, han romàs sense una interpretació concreta. En general, s'han explicat com el producte d'un desgast mecànic, i la seva variabilitat morfològica s'ha atribuït a la diversitat de sediments que els produeixen. Vaughan (1981), amb una anàlisi al MER, distingeix entre els plans (produïts per fricció i aigua) i els *rippled* o ondulats (causats per una precipitació de silicats).

Finalment, la tercera categoria d'efectes en els objectes derivats de processos postdeposicionals són les fractures o escantells en els talls, lligats a processos mecànics (Newcomer, 1976; Cahen & Moeyersons, 1977; Brink, 1978; Flenniken & Haggarty, 1979; Levi Sala, 1996).

Amb l'objecte d'aprofundir en el coneixement d'aquest tipus de fenòmens, s'han realitzat diversos treballs experimentals (Rottlaender, 1976; Stapert, 1976; Levi Sala, 1986a, 1986b, 1996; Plisson, 1986; Plisson & Mauger, 1988; Knutsson & Lindé, 1990; Mansur-Francomme, 1990; Shea & Klenck, 1993; Clemente, 1997, entre d'altres). Ja que no és el tema central del nostre estudi, farem referència bàsicament a un treball de Levi-Sala (1996), en el qual es fa una revisió general de la problemàtica i on es presenten els resultats de sèries completes d'experiments.

Levi Sala estudia tant els processos mecànics com els químics. D'una banda, dissenya experiments per reproduir poliments mecànicament (Levi Sala, *op.cit.*: 51-56), mitjançant agitació, rotació dins un bombo, *trampling* i fricció. En tots els casos, introdueix variables com la granulometria del sediment, la seva naturalesa, la presència de diferents líquids i el temps. Pel que fa a les alteracions químiques (Levi Sala, *op.cit.*: 56-63), realitza assaigs amb diferents solucions (NaOH, CaCO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), afegint-hi variables com la temperatura, el tipus d'aigua i el temps.

Tant amb les proves mecàniques com amb les químiques, Levi Sala documenta l'aparició de llustre de sòl i *bright spots*. La correlació entre ambdós tipus d'alteració en els mateixos objectes es dona tant en instruments experimentals com arqueològics, cosa que fa pensar en una coincidència dels processos responsables de la seva formació. Els resultats de Levi Sala mostren que els talls (perímetre) són més vulnerables a les alteracions postdeposicionals que la resta de superfície l'objecte. Comparant els efectes dels mateixos experiments sobre diferents tipus de sílex, conclou que els de gra més fi pateixen abans aquest tipus d'alteracions. L'autora assenyala, també, que la presència de l'aigua accelera el procés d'alteració.

Pel que fa als *bright spots* en concret, en els experiments de rotació dins un bombo amb sediment només els han pogut reproduir molt esporàdicament, i de forma aleatòria. Segons l'autora, els *bright spots* de relleu pla es poden formar per la fricció breu però intensa entre dos objectes, especialment amb condicions humides amb incidència o no d'un agent químic. Els de superfície estriada, en canvi, serien diagnòstics de *trampling* i moviments en el sòl.

Tal i com hem pogut observar nosaltres, en els objectes arqueològics, els *bright spots* apareixen als talls, a les arestes i en zones planes. Alguns autors desestimen d'entrada que siguin produïts per l'ús (Levi Sala, *op.cit.*: 70): “*Any polish present on the edges of artefacts with these spots should be viewed with suspicion, and only attributed to use after careful consideration*”. Tot i així, la nostra experimentació en accions bàsicament sobre biomassa animal tova n'ha produït. El problema, doncs, és l'aparent coincidència morfològica de traces de molt divers origen, sobretot si no s'utilitza el MER.

L'observació dels objectes utilitzats inclosos en aquestes proves ha permès veure fins a quin punt els agents postdeposicionals poden obliterated les deformacions per ús. Naturalment, la capacitat de modificació de la superfície depèn de l'agent abrasiu i del temps, però, en general, s'ha pogut comprovar que l'acció mecànica del sediment fa desaparèixer les característiques de les deformacions per ús més lleugeres i les estries, per mitjà d'un nou poliment. Les deformacions més desenvolupades (cereals, arrels), en canvi, pel fet d'estar ja en un estadi molt avançat de poliment, no es veuen tant afectades.

En els experiments de fricció de sílex entre sí s'han aconseguit reproduir *bright spots*, sobretot quan s'utilitza aigua, i també llustre de sòl. Aquesta fricció provoca traces molt similars a les d'ús en accions sobre materials molt durs, com la conquilla.

De l'experimentació de Levi Sala se'n deriva també la poca fiabilitat dels escantells com a criteri d'identificació funcional. Els seus experiments de *trampling* i d'alteració mecànica posen en evidència els diversos processos que els poden causar.

A les deformacions de caire natural cal afegir-hi, finalment, les que poden haver-se produït entre el moment de la recollida dels objectes i el de la seva anàlisi. Tot i que no hem realitzat una experimentació específica en aquest sentit, sí que hem pogut contrastar les observacions fetes per altres investigadors (Wylie, 1975; Gero, 1978; Gutiérrez Sáez *et al.*, 1988; Plisson, 1983b, 1985; Levi Sala, 1996: 17-19), que posen en evidència la necessitat d'un tractament molt acurat del material en els processos d'emalatge, manipulació i neteja precedents a l'estudi microscòpic.

