L'arqueopetrologia del sílex

Una clau per al coneixement paleoeconòmic i social de les poblacions prehistòriques

Xavier Mangado Llach

SOCIETAT CATALANA D'ARQUEOLOGIA

Barcelona 2004

© de l'original: Xavier Mangado Llach
© de l'edició: Societat Catalana d'Arqueologia
C/ Bailèn, 125, entresol 1a - 08009 Barcelona

Reservats tots els drets de reproducció.

Imprimeix: Miracle

Dipòsit legal: B-46476-2004

ISBN: 84-930844-6-8

Imprès a Espanya/Printed in Spain

A la memòria del senyor Josep Barberà i
a tots aquells que no abarateixen els somnis

Sumari

1. Introducció 7

2. La contextualització geogràfica i geològica 15
   2.1. Introducció 15
   2.2. Els conceptes d'espai geogràfic i territoris. 15
   2.3. El marc documental previ 17
   2.4. Els dipòsits primaris i els dipòsits secundaris 17
   2.5. La fitxa d'enregistrament de la prospecció 21

3. La caracterització macroscòpica 27
   3.1. Els principals caràcters macroscòpics 28
      3.1.1. La forma global 30
      3.1.2. El còrtex, les pàtines i les alteracions 31
      3.1.3. El color 36
      3.1.4. Les estructures sedimentàries 38
      3.1.5. Els fòssils o components esquelètics 39
      3.1.6.- La mineralogia 46
   3.2. Valoració de la tècnica macroscòpica 49
   3.3. La fitxa d'inventari macroscòpic 50

4. La caracterització microscòpica: La petrografia 63
   4.1. Introducció 63
   4.2. La utilització del microscopi 64
   4.3. La petrografia 65
   4.4. La micropaleontologia: una introducció 73
      4.4.1. La micropaleontologia del sílex 73

4.5. Aportacions de la petrografia i la micropaleontologia a la caracterització dels materials lítics arqueològics 78

5. Tècniques de caracterització física i química 83
5.1. Les tècniques físiques de caracterització 83
5.1.1. La determinació de la densitat 84
5.1.2. La difracció de raigs X 86
5.1.3. Índex de cristal·linitat 87
5.1.4. La porosimetria de mercuri 88
5.2. Les tècniques químiques de caracterització 89
5.2.1. Espectroscòpia d'emissió òptica 92
5.2.2. Espectroscòpia d'emissió atòmica 93
5.2.3. La fluorescència de raigs X 94
5.2.4. Microsonda electrònica i anàlisi per emissió de partícules induïdes per raigs X (PIXE) 95
5.2.5. Anàlisis per activació neutrònica 95
5.2.6. Espectroscòpia per emissió de plasma (IPCAES) 96
5.2.7. Caracterització isotòpica del sílex 97

6. L'aprovisionament de recursos abiòtics 99
6.1. Introducció 99
6.2. Els mecanismes d'aprovisionament i els sistemes d'explotació dels territoris 100

7. A tall de conclusió 105

8. Bibliografia 107

1. Introducció

Des de mitjans els anys vuitanta del segle passat, els estudis sobre la indústria lítica prehistòrica, del que podríem anomenar «de caire tradicional» —o merament classificatori—, vinculats a la descripció de les eines prehistòriques (tipologia), s'han vist enriquits per l'aparició de nous plantejaments teòrics i metodològics, que busquen la interpretació del procés de la producció de les eines lítiques des d'una perspectiva integradora; el que en la bibliografia especialitzada es coneix com «Chaîne Opératoire Lithique» (Geneste,1991).

En aquest nou marc conceptual s'integren globalment tots els paràmetres relacionats amb l'univers de l'utillatge lític: obtenció i caracterització de les matèries primeres (arqueopetrologia), processos tecnològics d'explotació (tecnologia lítica) i anàlisis microscòpiques de les activitats per a les quals els útils són concebuts (traceologia). La finalitat d'aquesta aproximació metodològica no és altra que la de «fer parlar» les eines, i a través d'elles, les societats humanes que les realitzaren i utilitzaren.

El treball que presentem a continuació se centra tan sols en un d'aquests àmbits d'estudi del material lític, precisament el primer que hem esmentat, el de l'obtenció i la caracterització de la matèria primera. Si bé algú pot considerar que aquest aspecte no és propi de la nostra disciplina arqueològica, i que hauria de ser tractat exclusivament pels especialistes del món mineral, nosaltres pensem que això no és així, i que esdevé del tot necessària, per a respondre a qüestions d'interès principalment arqueològic, una «visió d'arqueòleg envernissat en profunditat

en Geologia»; ja que, com resulta evident, els interessos d'ambdues disciplines són diferents. Com a exemple, a títol merament anecdòtic, voldria citar la primera experiència que vaig tenir en aquest sentit amb la geòloga, i a hores d'ara amiga, que em va codirigir la tesi doctoral. La troballa, en una de les primeres mostres que estàvem analitzant, d'unes restes d'algues microscòpiques, ens situava la formació d'aquell material durant el Terciari, cosa per a ella del tot emocionant, però que a mi, de fet, em deixà més aviat fred, fins que no em va assabentar que aquell fet tenia implicacions geogràfiques i, en conseqüència, territorials, i per tant arqueològiques.

Si fem un breu repàs al desenvolupament de la recerca arqueopetrològica a la Península, hem de dir que els primers treballs desenvolupats des del marc de la nostra disciplina foren duts a terme pels mateixos excavadors dels jaciments (p. ex. Cacho, 1990). Aquests seguiren uns criteris merament macroscòpics i massa generals, recollits de la bibliografia francesa, que des de feia uns anys —amb major o menor fortuna— començava a interessar-se per l'aprovisionament dels recursos lítics (Masson, 1981; Demars, 1982). Aquesta tasca, que, en el cas de casa nostra, es realitzava de manera totalment descontextualitzada de l'entorn geogràfic de les ocupacions prehistòriques, i gairebé mancat de tota objectivitat, no dugué a res més que a meres classificacions dels materials dels mateixos jaciments analitzats.

Paral·lelament, però, es produïren les primeres caracteritzacions de les matèries primeres des d'una òptica diferent, mitjançant l'aplicació de tècniques analítiques microscòpiques i fisicoquímiques, pròpies de la Geologia. Val a dir que, inicialment, la pràctica comuna fou la col·laboració entre geòlegs i arqueòlegs (Doce i Alcober, 1997), però amb resultats si més no dispars, deguts en bona mesura a les divergències d'objectius, interessos i llenguatges propis de cadascuna de les disciplines.

Actualment, s'està desenvolupant, cada cop amb més força, una «via intermèdia», que consisteix en l'aproximació dels mateixos prehistoriadors a la disciplina geològica, mitjançant la formació en camps com la petrologia sedimentària o les diverses analítiques fisicoquímiques, entre d'altres, que ens permeten conèixer quines preguntes arqueològiques cal plantejar i quines tècniques geològiques s'han d'utilitzar per a respondre-les. En aquest sentit, el progressiu augment de la producció científica, i

de la seva qualitat en aquest àmbit del coneixement, es manifesta en la cada cop més nombrosa presència d'investigadors catalans i espanyols en les reunions d'especialistes dedicades a l'estudi científic dels materials lítics, com ara: els «International Flint Symposium» o, molt especialment, les «Reuniones de Trabajo sobre Aprovisionamiento de Recursos Líticos en la Prehistoria Peninsular».

Com el lector ja haurà intuït, els estudis sobre la caracterització i gestió dels recursos abiòtics emprats durant la Prehistòria és un camp molt ampli i complex, ja que hi trobem representats, d'una banda, diversos tipus de roques i de minerals; i d'altra banda, diferents protocols tècnics implicats en el seu estudi. En aquesta obra només ens centrarem en una matèria primera molt concreta, el sílex. El motiu és clar: d'una banda, com a conseqüència del propi àmbit d'investigació en el qual hem desenvolupat els nostres treballs; d'una altra banda, aquest material fou àmpliament explotat durant bona part de la Prehistòria, i els problemes arqueològics que li són propis depassen qualsevol període cronològic; per aquest motiu, segurament, ha estat un dels que més investigacions ha generat en la recerca arqueopetrològica.

Seguint els plantejaments de Binford (1988), cal dir que la major part dels arqueòlegs s'han adonat que la credibilitat d'una inferència sobre el passat és tan vàlida com ho sigui el coneixement sobre el qual es basa. D'aquesta manera, les explicacions dels fenòmens que es generen en d'altres camps del saber científic poden ser vàlides per a la inferència arqueològica. El mateix autor assenyala, però, que freqüentment inferències obtingudes d'aquesta manera, per si soles, no són ni útils ni adequades per a la resolució dels nostres «problemes arqueològics»; així doncs, segons Binford, cal que nosaltres mateixos desenvolupem una «ciència de l'arqueologia».

Aquesta «ciència de l'arqueologia» aplicada als recursos silicis prehistòrics és, precisament, el camp en què se centra aquest treball. La nostra intenció és desenvolupar, almenys parcialment, un postulat binfordià definit com «epistemològic científic», és a dir, avaluem les nostres idees mitjançant l'objectivació de les descripcions de la realitat. Aquest apropament al coneixement científic postula una aproximació a l'arqueologia des de la perspectiva metodològica de les Ciències Naturals («descriure i comparar»). Ara bé, al nostre parer, si la Prehistòria és la més

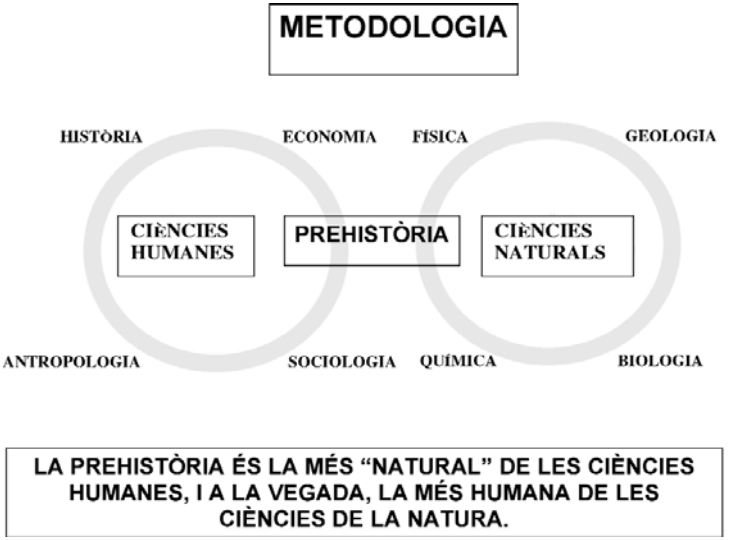

FIGURA 1. *La Prehistòria, ciència humana i ciència natural.*

natural de les Ciències Humanes, i per tant l'aproximació metodològica ha de ser de caràcter empíric, és alhora la més humana de les Ciències Naturals, és a dir, la que requereix en major mesura de la interactivitat amb d'altres disciplines socials, per a obtenir credibilitat en les inferències que realitza, ja que el registre cultural d'un jaciment és quelcom més complex que un conjunt de materials. És la evidència d'una organització social i, per tant, cada objecte és susceptible de transmetre valors d'ordre cultural de les societats que els han generat (figura 1).

Així doncs, si bé el mètode de les ciències naturals «descriure i comparar» ha de ser la pedra de toc dels treballs arqueopetrològics, ja que són necessàries caracteritzacions i descripcions precises dels materials analitzats, per a saber amb precisió de quin material es tracta, no podem deixar de banda que ens trobem davant de restes culturals. Les evidències arqueològiques, siguin del tipus que siguin, han ultrapassat la seva «materialitat física» per a ser transmissores de trets culturals, que pensem que es poden definir de totes totes com valors humans. Aquests valors només són aprehensibles des de la contrastació amb d'altres disciplines socials (figura 2).

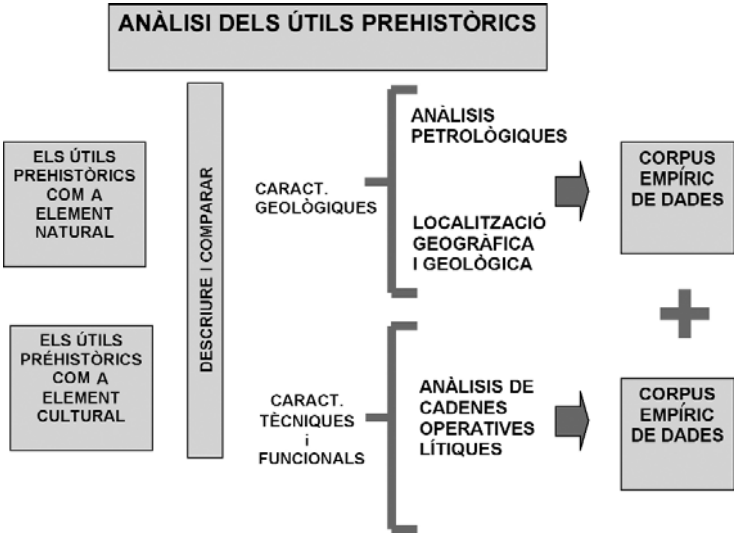

FIGURA 2. *Els útils prehistòrics, elements de la natura i evidències de la cultura.*

Així doncs, si bé com indicava ja Annie Masson (1981) en la seva tesi doctoral: «les roches siliceuses sont des roches avec mémoire», és a dir, l'estudi dels components mineralògics, texturals i estructurals ens poden situar aquestes roques en el seu temps geològic i medi sedimentari, sembla també força evident que, només des d'aquesta perspectiva, res no ens expliquen de la seva relació amb els éssers humans. Només una aproximació des de la perspectiva pròpia de les ciències socials (economia, història, antropologia cultural, etc.) permet una interpretació del comportament dels grups humans que les empraren com a recurs econòmic, social o simbòlic.

D'aquesta manera, podem considerar que l'interès de les anàlisis arqueopetrològiques es troba en la creació d'un corpus empíric de dades, que ens infereixin coneixement d'ordre paleoeconòmic sobre l'activitat humana. La finalitat d'aquests estudis ha de ser precisar els mecanismes d'adaptació dels éssers humans al seu marc mediambiental, a partir d'una triple contextualització. Per una banda, és imprescindible la identificació acurada dels diferents materials lítics utilitzats, és a dir, saber de què es tracta. En segon lloc, cal establir la seva contextualització geològica

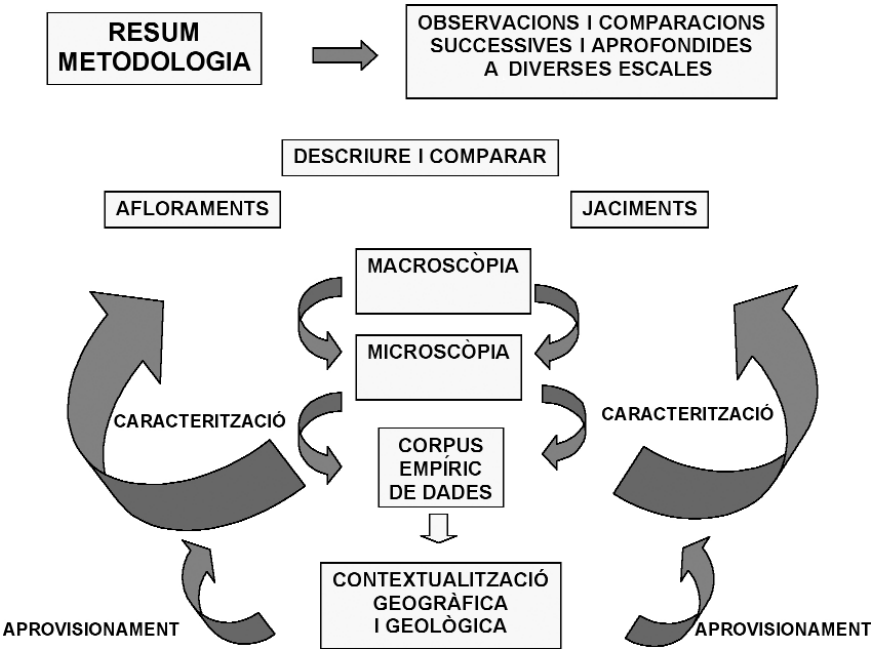

FIGURA 3. *Resum metodològic.*

i geogràfica, que ens permetrà abordar qüestions relacionades amb el concepte de territori i amb les modalitats d'aprovisionament (aprovisionaments directes i/o indirectes, aprovisionament en afloraments primaris i/o secundaris); i finalment, en tercer lloc, cal abordar la contextualització socioeconòmica d'aquesta explotació, és a dir, quins són els mecanismes d'ordre social i econòmic implicats, i quin el seu grau d'incidència en la gestió de l'explotació dels recursos (figura 3).

Com a conclusió d'aquest apartat introductori, volem assenyalar que la finalitat de l'interès per l'estudi del sílex entre els prehistoriadors és respondre a una sèrie de preguntes que ens plantegem davant de les restes lítiques d'un jaciment arqueològic (Séronie-Vivien i Séronie-Vivien, 1987):

— Per què hi ha diferents tipus de sílex en un mateix jaciment?
— D'on provenen aquests diferents tipus de sílex?
— Quins són els motius d'aquesta variabilitat?

— Per què determinades varietats de sílex es tallen millor que d'altres?
— Per què hi ha jaciments amb una única varietat de sílex?
— Com es gestionava el treball del sílex?

Les respostes a aquestes i altres preguntes ens permeten formular hipòtesis sobre els comportaments econòmics i tecnològics dels grups humans estudiats, és a dir, fer «ciència de la arqueologia». Per aquest motiu és necessari un mètode científic rigorós. Com ja hem esmentat, pensem que l'esquema d'investigació de les Ciències Naturals ha de ser el pilar bàsic per a un estudi sobre les àrees de captació dels recursos lítics i la seva caracterització arqueopetrològica.

Per a construir aquest corpus documental de dades, hem elaborat un protocol d'observacions i comparacions successives i minucioses, a diferents escales, que ens permetin aprofundir, com si d'una espiral es tractés, des d'elements més generals —de caire macroscòpic— a d'altres més particulars, en funció del problema que una determinada escala d'observació ens plantejava.

Tot i això, abans d'entrar plenament en la temàtica pròpia d'aquest treball, hem de comunicar al lector que no esperi fórmules magistrals ni tècniques miraculoses; a hores d'ara, no hi ha cap tècnica que per si sola ens permeti respondre a totes les qüestions que ens plantegem. Ni tan sols l'aplicació conjunta de totes aquestes tècniques ens permetrà, en ocasions, assolir els resultats desitjats. Per aquest motiu, hem estructurat la presentació d'aquest treball segons aproximacions progressives en funció d'escales de contextualització diferent. En primer lloc, els treballs de contextualització geogràfica i geològica, que ens permetran establir uns paràmetres descriptius de caràcter macroscòpic, que poden ser emprats per qualsevol de nosaltres per iniciar una primera classificació dels materials lítics a analitzar. En un segon apartat incidirem en les altres tècniques analítiques i presentarem els seus avantatges i inconvenients, per tal de poder facilitar, a la persona interessada, els criteris fonamentals sobre què, i què no, podem demanar a les tècniques analítiques.

2. La contextualització geogràfica i geològica

2.1. Introducció

Els treballs centrats en l'arqueopetrologia són estudis de contextualització successiva de les dades obtingudes. Com hem vist a l'apartat introductori, per a respondre a les qüestions que ens plantegem davant la troballa de material lític en un jaciment, és el grau de contextualització de les diverses informacions el que ens permetrà avançar en la resolució dels «problemes arqueològics» que el material lític ens presenti.

Juntament amb la caracterització acurada dels materials analitzats, cal tenir en compte la seva contextualització geològica i geogràfica; per aquest motiu, incidirem especialment en aquests aspectes.

2.2. Els conceptes d'espai geogràfic i territoris

Qualsevol intent de caracterització dels materials lítics arqueològics i de les seves fonts d'aprovisionament ha de reposar, necessàriament, sobre un exhaustiu treball de prospecció de l'espai geogràfic. Val a dir que entenem per espai geogràfic el conjunt de l'entorn natural d'una ocupació humana, amb tots els seus recursos mediambientals, és a dir, el conjunt d'elements susceptibles, en principi, d'ésser explotats per una comunitat humana. Si establim un paral·lelisme amb una peça teatral, podríem dir que aquest espai geogràfic seria el «decorat» on transcorre l'obra de teatre.

D'aquesta definició es desprèn una altra de més restringida, i que potser resulta menys evident; la noció de «territoris». Aquest concepte pot resultar força complex, ja que la seva definició depèn de paràmetres diversos. D'una banda, no és un concepte únic; no parlem de territori en singular, sinó de «territoris» en plural, ja que entenem per «territoris» les diferents parts de l'espai geogràfic definides culturalment per les diverses activitats humanes, bé siguin aquestes de caràcter econòmic: àrees d'apropiació dels recursos biòtics o abiòtics; de caràcter social: espais d'interacció dins la mateixa comunitat, o amb d'altres poblacions; o de caràcter simbòlic: territoris sagrats o prohibits. Com veiem doncs, el concepte de «territoris» no equival exactament al d'espai geogràfic. Si continuem amb el símil teatral, podem considerar que els territoris correspondrien als escenaris on l'acció de l'obra es desenvolupa.

D'altra banda, el concepte de «territoris» tampoc no és immutable; més aviat diríem que és dinàmic i que fluctua tan sincrònicament com al llarg del procés històric, ja que com hem dit depèn de diversos paràmetres, entre els quals voldríem esmentar el del grau de desenvolupament tècnic de la societat en qüestió. En aquest sentit, resulta força evident que els recursos que proporciona un entorn natural depenen de les capacitats humanes per a explotar-los. Un exemple prou paradigmàtic, tot i que allunyat de la Prehistòria, el podríem trobar en el cas del petroli. Aquesta matèria primera que aflorava de manera natural en el desert aràbic no fou mai considerada com a recurs econòmic, ni social, per part de les poblacions nòmades de la zona. No serà fins l'època contemporània que la seva explotació, per gent aliena a la regió, convertirà aquest element natural en un recurs de primer ordre. El petroli comportarà importants modificacions econòmiques, àdhuc socials i polítiques, de les poblacions locals, que conduiran, per exemple, a la seva sedentarització i implicaran l'establiment de fronteres físiques, polítiques i fins i tot mentals, en un medi natural i en una població que anteriorment les desconeixia.

Com veiem doncs, hem de considerar que l'arqueopetròleg ha de ser un «investigador de camp», ja que el primer problema amb què ens trobem a l'hora de dur a terme un estudi arqueopetrològic és, precisament, el de la contextualització geogràfica i geològica del recursos del jaciment que estudiem (Simmonet, 1979; Carrión *et al.*, 1998).

2.3. El marc documental previ

L'inici del treball arqueopetrològic de contextualització geològica i geogràfica de l'àrea d'estudi ha d'iniciar-se per la compilació, exhaustiva, del major nombre possible de dades sobre les formacions geològiques i els accidents geogràfics, susceptibles de proporcionar-nos la matèria primera que estem recercant.

Trobem el primer escull en la naturalesa de la mateixa documentació disponible. Els mapes geològics solen realitzar-se per a respondre als interessos dels geòlegs, que, com ja hem vist en l'apartat introductori, sovint difereixen dels nostres interessos. Aquests mapes es troben, generalment, a una escala excessivament gran (1:50000), fet que explica que la majoria dels dipòsits de caràcter secundari, de petita extensió, o no apareixen cartografiats (dipòsits de vessant), o no mostren descripcions sobre les litologies que s'hi recullen (terrasses fluvials i marines). A més, massa sovint, diferents edicions d'un mateix mapa geològic poden presentar memòries explicatives amb informacions diferents. Cal recórrer, doncs, a treballs molt més específics, com ara tesis o treballs d'investigació, que no sempre resulten de fàcil consulta.

Els arqueopetròlegs ens veiem obligats a iniciar qualsevol estudi sobre les àrees de captació de recursos abiòtics, a partir de l'elaboració del nostre propi registre geològic. En aquest sentit, resulta de gran ajuda i interès entrar en contacte amb les persones que tenen un gran coneixement del espai que pretenem analitzar, ja que, sovint, és, arran de les converses amb afeccionats locals, excursionistes, pagesos o pastors, que arribarem a situar en el nostre mapa topogràfic de registre els petits punts d'aflorament, que no apareixen documentats en els mapes geològics. La toponímia pot esdevenir també una eina útil en aquest sentit. Algú s'imagina per què a Burgos hi ha un poble anomenat Pedernales?

2.4. Els dipòsits primaris i els dipòsits secundaris

Un cop recopilada la major quantitat possible d'informació hem de dur a terme la prospecció pròpiament dita. Aquesta ha de ser rigorosa, però pensem que alhora hauria de considerar una sèrie d'elements que els nostres avantpassats degueren valorar en el moment d'apro-

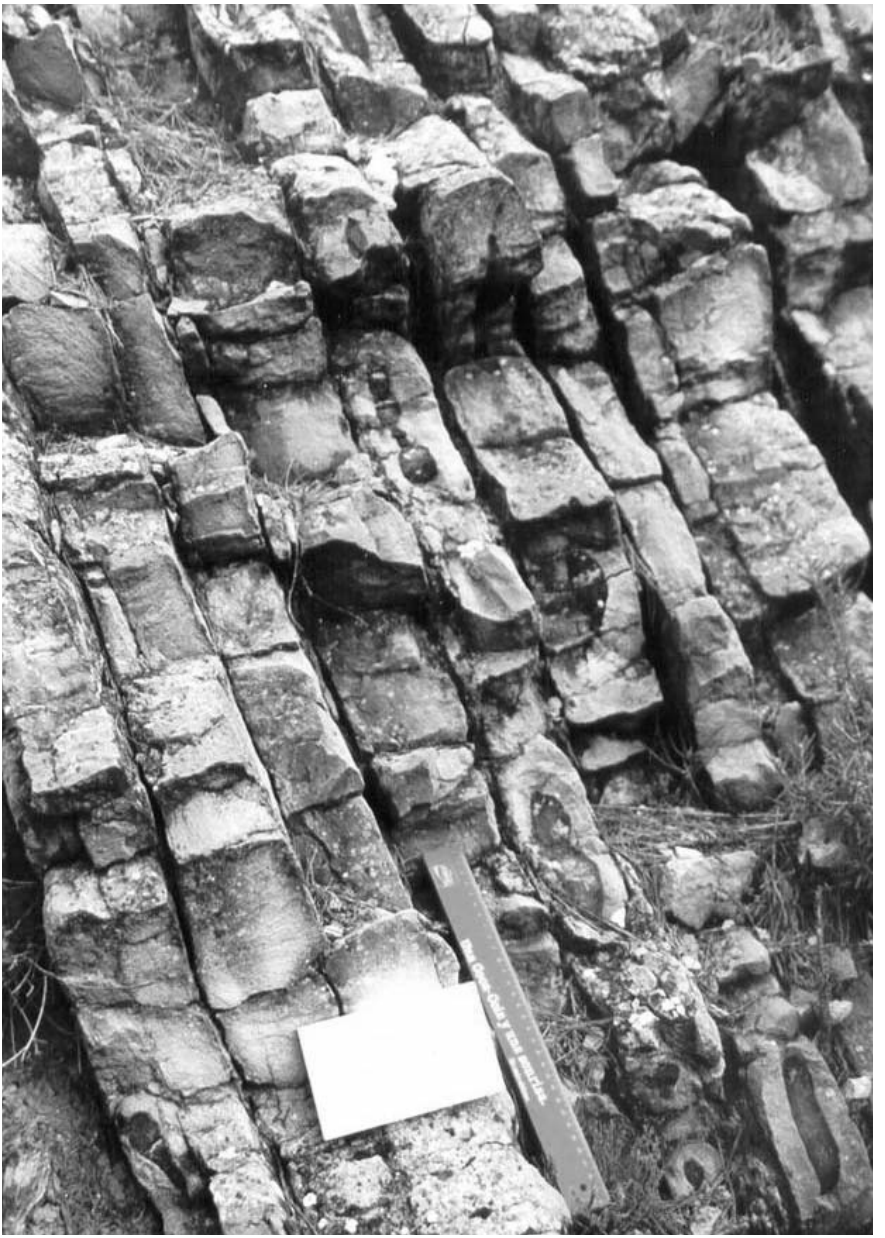

FIGURA 4. *Aflorament de sílex del Sannoisià en posició primària. Castelló de Farfanya (La Noguera)*

visionar-se de matèria primera. Salvant les distàncies, hauríem d'intentar prospectar «com ho faria un prehistòric» i tenir en compte cert tipus de paràmetres com seria, per exemple, l'accessibilitat del lloc a l'antiguitat; sabem que el paisatge ha sofert modificacions importants al llarg del temps i que dipòsits actualment accessibles abans no devien ser-ho, i viceversa. Cal tenir en compte també la quantitat i la qualitat de la matèria primera obtenible, o les necessitats que pretenien cobrir-hi.

Davant la localització d'un aflorament, el primer que cal fer és definir la naturalesa dels dipòsits que estem analitzant. Hi ha dos tipus de dipòsits susceptibles de proporcionar-nos matèria primera:

— En primer lloc tenim els dipòsits en posició primària, que anomenem també afloraments primaris, i que són aquells que presenten la litologia que busquem en el seu estrat de formació original (figura 4). En el cas del sílex, es tracta de determinats nivells de roques sedimentàries (calcàries i evaporites) que contenen en el seu interior morfologies nodulars o tabulars de sílex. Dins dels dipòsits en posició primària, nosaltres considerem també els sílexs de les sèries conglomeràtiques. Si bé en aquestes els còdols de sílex no es troben en posició original, ja que procedeixen d'uns estrats anteriorment desmantellats, és cert que, en aquest tipus de roques sedimentàries detrítiques, l'obtenció del sílex, per part de les comunitats prehistòriques presenta comportaments idèntics als dels afloraments en posició primària *sensu stricto*.

  Els dipòsits primaris presenten també altres característiques que cal tenir en compte a l'hora de valorar-ne la importància, des del punt de vista de la seva explotació prehistòrica. D'una banda, en aquest tipus d'afloraments la quantitat de matèria primera sol ser abundant, en contraposició amb el que succeeix amb determinat tipus de dipòsits en posició secundària; ara bé, juntament amb la dificultat d'obtenció de la mateixa —cal alliberar la matèria primera de la roca en què s'encaixa—, hem de tenir en compte que els processos de fracturació i diaclassat solen ser força importants. Així doncs, tot i que el mòdul original de matèria primera sol presentar mides variables, el seu aprofitament es pot veure molt limitat, tant

pels processos de diaclassat que solen patir aquestes silicificacions, com per les dificultats en la seva extracció.

Per aquest motiu, en línies generals, hem de dir que els punts d'aflorament primari no acostumen a ser explotats com a llocs d'aprovisionament de matèries primeres, sobretot per part de les comunitats de caçadors-recol·lectors. Ara bé, la seva localització és molt important en un treball d'arqueopetrologia, ja que, per una banda, ens permet identificar tota la variabilitat macroscòpica que pot proporcionar la matèria primera de l'aflorament. Així, en iniciar la classificació de les restes arqueològiques, no correm el perill de separar macroscòpicament en dues varietats diferents un mateix tipus de material, que de fet només presenta la variabilitat inherent al propi sílex. D'altra banda, l'hora de fer analítiques més precises, el sílex que prové d'un aflorament primari ens permet contextualitzar les mostres silícies en el seu medi sedimentari original.

— En segon lloc tenim els dipòsits en posició secundària, que anomenem afloraments secundaris, en què el sílex apareix desplaçat del seu punt d'origen inicial, com succeeix en el cas de les platges i les terrasses fluvials, on solen aparèixer còdols de sílex, i els dipòsits de vessant, on recuperem nòduls o plaquetes deslligats de la roca encaixant. Aquest tipus de dipòsits tenen una extensió molt menor respecte al dipòsits primaris; per això solen ser més difícils de documentar durant la prospecció. A més, presenten una quantitat de matèria primera molt més escassa. Ara bé, en contrapartida, solen tenir una major facilitat d'accés —per part de les comunitats prehistòriques— i alhora es produeix una certa «selecció del material», ja que la matèria primera, en forma de còdols —en el cas de terrasses fluvials i platges-—, presenta uns mòduls més reduïts, però sovint de major homogeneïtat, és a dir, de millor aptitud per a la talla. Aquesta millora en la homogeneïtat de la matèria primera s'ha de posar en relació amb els processos de transport que han sofert aquests materials des de les zones d'origen.

La documentació dels dipòsits de caire secundari resulta fonamental per a l'estudi d'àrees de captació de matèries primeres, ja que és precisament en aquests tipus de dipòsits on les comunitats prehistòriques generalment s'aprovisionaren. A més, la localització

d'aquests punts d'aflorament ens permet també establir diversos criteris macroscòpics que ens poden ajudar a definir millor les característiques de les roques silícies que després trobem en el jaciment, com ara la presència de còrtexs rodats, polits o amb xocs, que poden ser l'evidència del transport dels materials i, per tant, del seu aprovisionament a partir d'un punt d'aflorament secundari.

A l'hora de dur a terme la valoració d'aquest tipus d'afloraments cal, però, tenir en compte alguns elements. En el cas de prospeccions en les terrasses fluvials hem de pensar que, al llarg de la història, els rius poden haver sofert importants modificacions del seu curs, i en conseqüència, dels materials que transporten. Per aquest motiu resulta del tot imprescindible no limitar la prospecció a la llera actual. Una revisió de les terrasses més antigues pot ser de gran ajuda per valorar possibles modificacions en els materials transportats. La remodelació de les platges, duta a terme actualment en molts punts de la costa, pot també provocar-nos problemes d'interpretació pel que fa a l'aprovisionament, degut al transport contemporani de materials que provenen d'indrets diferents als de la platja on es dipositen.

Cada dipòsit localitzat s'ha de descriure i mostrejar, i referenciar-ne tota la informació en fitxes especialment dissenyades a tal efecte i en què hem de consignar el màxim d'informació possible, ja que la mala gestió del temps de treball de camp, i el cost econòmic que això implica, pot interferir en la resta d'anàlisis. Igualment, les mostres que recuperem han d'identificar-se i individualitzar-se correctament en les fitxes d'inventari, per no provocar posteriorment confusions en el treball de laboratori.

Finalment, la comparació sistemàtica entre les dades de les mostres recuperades dels afloraments documentats sobre el terreny, i les de les mostres del jaciment arqueològic, mitjançant diferents tècniques d'anàlisis, ens permetran inferir hipòtesis interpretatives d'ordre cultural, a partir de la caracterització dels fenòmens naturals observats.

2.5. La fitxa d'enregistrament de la prospecció

Com el lector ja haurà intuït, la necessitat de ser rigorosos en la recollida d'informació és fonamental per a l'estudi arqueopetrològic. D'una

1. DADES DE REGISTRE			
Autor fitxa	Nom afloramment	Terme municipal	Comarca
Localització descriptiva			
Observacions			

2. CONTEXT GEOLÒGIC					
Dipòsit primari			Dipòsit secundari		
Nivell geològic			Vessant	Terrassa fluvial	T. marina
Cornisa	Vessant	Pla	T0/T1/T2/T3		
Medi sedimentari	Continental	Marí	Lacustre	Salobre	
Era:	Sistema:	Pis:			
Observacions					
MODALITAT D'AFLORAMENT					
Roca caixa poc afectada per l'erosió		Superfícies desmantellades per l'erosió			
Paret rocosa	Grada rocosa	Erosió natural	Erosió antròpica		
Observacions					
MORFOLOGIA I LITOLOGIA DE LES FORMACIONS ENCAIXANTS					
Calcàries	Dolomies	Margues	Guixos	Arenites	
Quarsoarenites	Conglomerats	Argiles	Al·luvions	Col·luvions	
Observacions					
MORFOLOGIA I MIDA DELS MATERIALS SILICIS					
Estrat continu	Nòduls	Còdols	Plaquetes	Lloses	
Gruix	Regular/irregular	Esfèrics/subesfèrics	Aplanades/anguloses/subanguloses		
Observacions					
ALTERACIONS DEL MATERIAL SILICI					
Fracturació			Patinació		
Tectònica	Tèrmica	Crioclàstica	Marginal	Dominant	Total
Observacions					
CARÀCTERES MACROSCÒPICS DEL MATERIAL SILICI EN AFLORAMENT					
Còrtex		Textura	Inclusions	Fòssils	
Primari	Secundari	Homogènia/heterogènia	Òxids minerals	Macrofòssils	
% de còrtex		Bioclàstica/oolítica	Relictes	Mesofòssils	

		Carbonats		
Grau de rodament	Azoica	Minerals detrítics		
Observacions				
DOCUMENTACIÓ D'ACTIVITATS ARQUEOLÒGIQUES				
Activitats extractives		Activitats de manufactura		
Estructures mineres	Útils miners	Percutors	Restes de talla	Útils trencats
Estructures d'hàbitat	Ceràmica	Llars		Restes faunístiques
Observacions				
Nombre de croquis		Nombre de fotografies		

FIGURA 5. *Fitxa d'enregistrament de la prospecció.*

banda, la visita als afloraments ens permet valorar aspectes tan importants com el tipus de còrtex original en la formació geològica o l'accessibilitat als recursos per part de les comunitats prehistòriques, en funció de com aquests recursos es manifesten en el medi natural. D'altra banda, la prospecció comporta un problema obvi: nosaltres no tenim el laboratori al costat del camp. En conseqüència, la verificació de qualsevol aspecte que no hagi estat suficientment especificat en una visita a l'aflorament farà necessària una altra visita, amb el que això implica d'increment de cost econòmic i de mala gestió del temps de treball. Per aquest motiu nosaltres hem creat la nostra pròpia fitxa d'enregistrament dels afloraments (Mangado, 1997, 2002), que es basa —en part— en treballs d'altres autors (Malissen, 1977; Masson, 1979; 1981; Simmonet, 1979; Séronie-Vivien i Serónie-Vivien, 1987; Tarriño i Ulibarri, 1992). Aquesta fitxa (figura 5) s'ha dividit en dos àmbits principals.

1. Dades de registre. Aquest apartat inicial fa referència a la informació de gestió de l'aflorament. Inclou diversos aspectes com: autor de la fitxa, nom de l'aflorament, terme municipal, comarca, com també una localització descriptiva de com arribar-hi.
2. El context geològic. Aquest apartat recull tots els aspectes relacionats amb el propi aflorament.

En primer lloc, definim el tipus de dipòsit (primari o secundari) i les seves característiques. I, en cas de comptar amb informacions suficients,

establim el medi sedimentari (continental, marí, lacustre, salobre) i la possible edat dels materials (era, sistema, pis).

En segon lloc, caracteritzem la modalitat de l'afloramen, és a dir, intentem fer una valoració de l'accessibilitat al recurs per part de les comunitats prehistòriques. Com ja hem vist, alguns afloraments actuals no eren accessibles durant la Prehistòria, com succeeix amb aquells que documentem gràcies a talls estratigràfics, que es relacionen amb la implantació de la xarxa viària.

En tercer lloc, descrivim la morfologia i litologia de les formacions encaixants. En aquest apartat caracteritzem la litologia de les formacions en què s'inclou el recurs, que també ens ajuda a fer-nos una idea de la facilitat o dificultat, en la seva obtenció, per part de les comunitats prehistòriques, ja que resulta evident que no suposa la mateixa dificultat l'extracció dels nòduls de sílex a partir de l'explotació de margues poc consolidades o d'argiles, que a partir de l'extracció en dolomies o conglomerats.

Posteriorment caracteritzem la morfologia i la mida dels propis recursos, així com les alteracions que presenten (diaclassats, pàtines). Aquest apartat resulta bàsic per a poder establir *a posteriori* valoracions sobre l'ús potencial d'un determinat afloramen per part d'un grup humà, ja que la naturalesa dels recursos constituiria un element fonamental en la seva elecció per part de les comunitats prehistòriques. D'aquesta manera podem concloure que recursos propers a un jaciment no van ser utilitzats, perquè no reunien unes característiques aptes per a respondre a les necessitats d'aquella comunitat.

L'apartat següent recull una primera aproximació macroscòpica del material silici. Definirem els principals caràcters observables del material amb l'ajut d'una lupa de camp. Es tracta d'aspectes com el tipus de còrtex, el seu percentatge sobre la mostra i el seu grau de rodament; la textura macroscòpicament observable (homogènia, heterogènia, oolítica, bioclàstica); les principals inclusions visibles a ull nu com els òxids minerals (per exemple, la hematites), els minerals terrígens (grans de quars detrítics), pseudomorfs de cristalls romboèdrics de calcita/dolomita o lenticulars de guix, i les possibles restes fòssils (macrofòssils, mesofòssils, microfòssils).

El darrer apartat que recollim en aquest context geològic és la documentació de possibles activitats arqueològiques en la zona. Aquest

element ens pot ajudar a establir l'explotació del recurs durant la Prehistòria, a partir de la documentació de possibles activitats extractives o de manipulació del recurs (tallers lítics). Finalment, un croquis del lloc, així com algunes fotografies d'identificació, són elements a tenir també en compte.

Cadascun dels apartats que hem esmentat inclou un camp reservat a les observacions. Aquest resulta de màxima importància, ja que prendre nota de tots aquells elements que ens criden l'atenció pot revelar-se posteriorment de gran ajuda.

3. La caracterització macroscòpica

L'aproximació a l'estudi dels materials silicis recuperats en els jaciments arqueològics s'ha dut a terme, generalment, a partir de l'establiment d'un conjunt de caràcters discriminants de les mostres a través de criteris macroscòpics, és a dir, a ull nu.

La tècnica macroscòpica ha estat, i en certa mesura continua essent, la gran estrella de les controvèrsies entre els especialistes en arqueopetrologia. Des dels que la defensen a ultrança, com a únic element que per a l'arqueòleg té importància, o raó de ser, puix que en el fons és el que més s'assembla a la manera com els nostres avantpassats podien tenir accés al coneixement —o percebien— de les característiques d'aquells materials lítics, fins als que ni tan sols la tenen en compte a l'hora d'establir el seu corpus de dades, ja que els paràmetres observats són de difícil quantificació i transmissió d'un investigador a un altre.

Al nostre parer, i com en tantes altres coses de la vida, tot és qüestió de saber trobar el punt d'equilibri, ja que el parany d'aquesta tècnica es troba en el fet que és tan suposadament pràctica i ràpida, com criticable per la seva manca de precisió, donada la variabilitat del sílex, que afecta totes les escales d'anàlisis possibles. El que sense cap mena de dubte sembla evident és que aquesta tècnica es mostra com un primer pas imprescindible, per a habituar-nos amb la realitat dels materials que analitzem. En aquest sentit, l'establiment de litoteques de referència de caràcter regional, a partir de la recollida de la major variabilitat macroscòpica possible de les mostres dels afloraments, constitueix el principal element d'interès d'aquesta mena de treball, que

ha de ser el punt de partida per a analítiques més precises i discriminants (Takács-Biró, 1997).

3.1. Els principals caràcters macroscòpics

El sílex és una roca sedimentària silícia densa i dura que es caracteritza per presentar fractura concoïdal. Les anàlisis químiques de caracterització mostren que conté, per regla general, entre un 70 i un 90 % de sílice (fórmula química SiO_2). La textura al microscopi petrogràfic d'aquesta sílice és majoritàriament microcristal·lina. Alhora, sol presentar altres elements, com ara, fins un 25 % de components carbonatats (Hesse, 1989; Brigland, 1990, a Aubry, 1991). Com resulta evident en llegir aquesta definició, la caracterització dels materials reposa sobre escales d'observació i descripció microscòpiques, que no són les que tradicionalment s'han utilitzat en Prehistòria.

Les descripcions macroscòpiques, alienes a la definició del sílex que acabem de citar, són la tècnica més emprada per part dels mateixos prehistoriadors en els treballs de caracterització dels materials lítics arqueològics. Es tracta d'una tècnica que es defineix com a simple i econòmica, i que consisteix en la identificació del sílex a partir de l'observació de caràcters morfoscòpics. Aquests caràcters formals permeten crear un registre amb una escala nominal de variables (Demars, 1982, 1994; Mauger, 1994; Ramos Millán, 1986; Cacho, 1990; Ripoll, 1990).

Teòricament, el principal avantatge d'aquesta tècnica rau en la seva relativa senzillesa, ja que de fet ens trobem davant d'un mer procés d'observació de les restes a analitzar. Ara bé, aquesta senzillesa es pot veure matisada per l'aprofundiment en els graus d'observació i sistematització de les descripcions que duguem a terme. Les descripcions a ull nu presenten un segon avantatge teòric, que resideix en el fet que, en un principi, no calen coneixements d'especialista per part de l'arqueòleg per a realitzar aquestes observacions.

De manera general, i com a resum d'aquesta part introductòria, hauríem de dir que s'ha considerat la macroscòpia com un sistema de classificació ràpid, tot i que aquesta afirmació ha de valorar-se en la seva justa mesura, tant en funció del nombre de restes a revisar, com de la finor esmerçada en la seva descripció, puix que de fet són molts els paràmetres

que es poden descriure, i la validesa de la tècnica reposa, en bona part, en la descripció sistemàtica de tots ells.

El que veritablement constitueix un avantatge, almenys des del nostre punt de vista, és el fet que es tracti d'una tècnica de descripció no destructiva. Aquest fet permet la anàlisi «sense problemes» de tot el conjunt de restes lítiques d'un jaciment, ja siguin restes de talla o eines. Generalment, la caracterització d'aquestes últimes mitjançant altres tècniques no acostuma a ser ben vista pels arqueòlegs, ja que implica, parcialment sinó total, la destrucció de la peça.

Malgrat els avantatges que sembla presentar l'observació macroscòpica, aquesta tècnica també implica seriosos problemes a l'hora d'assolir un coneixement empíric dels materials estudiats:

— Per una banda, és una tècnica que es basa en caràcters molt poc precisos, ja que es tracta de paràmetres qualitatius, difícilment quantificables, i que per tant estan sotmesos a la subjectivitat de cada investigador.
— D'altra banda, i com a conseqüència del caràcter altament qualitatiu de les observacions, cal comptar amb un altre problema afegit, que és el de la seva complicada transmissió entre investigadors. Sense anar més lluny, penseu en les vegades que us heu discutit amb algú sobre si hem de dir blau o verd turquesa!

Per tal d'intentar proporcionar una certa quantificació, i millorar d'aquesta manera la definició d'alguns d'aquests paràmetres macroscòpics (mida de gra, textura, naturalesa de les inclusions, o color), alguns autors han realitzat les seves observacions amb l'ajut de la lupa binocular (a 20 o 40x) i de les taules de color (Munsell o Pantone). La intenció d'aquesta actuació ha estat establir uns criteris més precisos, objectius, quantificables i transmissibles (Masson, 1979, 1981, 1987; Doce, 1988; Aubry, 1991; Mangado, 2002).

Si bé els problemes que acabem d'esmentar són importants, tenen més a veure —sense cap mena de dubte— amb els investigadors mateixos que no pas amb els propis elements descrits. Tot i això, el principal element limitador que presenta aquesta tècnica, perquè en aquest cas sí que afecta directament a allò que estem analitzant, és el fenomen conegut amb el nom de «convergència de fàcies silícies» (Aubry, 1990,

1991), és a dir, la presència dins d'un conjunt de materials arqueològics, de silicificacions d'èpoques geològiques diferents —de les que en coneixem els afloraments—, però que presenten característiques macroscòpiques semblants. Evidentment, aquest problema resulta irresoluble des de l'aproximació macroscòpica, i comporta un greu problema per a la interpretació, ja que aquestes convergències poden introduir errors d'atribució en l'origen dels materials i, per tant, invalidar la interpretació arqueològica que resulti a partir d'aquestes descripcions.

A continuació presentarem els principals caràcters macroscòpics que normalment es consideren a l'hora de dur a terme una descripció. Com veurem, aquests paràmetres no se centren exclusivament en les característiques dels materials exhumats en els jaciments (ascles, restes de talla, útils), sinó que també tenen en compte elements propis de les matèries primeres en la zona d'aflorament (p.ex. forma global), ja que ens sembla fonamental seguir els mateixos criteris descriptius, tant per a les mostres arqueològiques, com per a les dels afloraments; d'aquesta manera es poden intuir, ocasionalment, algunes possibles relacions d'aprovisionament entre el medi natural i el jaciment arqueològic.

3.1.1. La forma global

La morfologia del sílex (ronyó, nòdul, còdol, plaqueta) és un element que té interès sobretot per al coneixement del mode de formació de la roca (litofàcies nodulars o estratificades) i, en ocasions, per a conèixer-ne el tipus d'aflorament. De la mateixa manera, la forma del sílex ens pot permetre avaluar *a priori* la quantitat i qualitat de la matèria primera disponible. Els sílexs de morfologies fortament irregulars, o d'aspecte cerebroïde, presenten una quantitat de matèria primera útil més aviat poc aprofitable i, sovint, de qualitat mediocre. Per contra, les morfologies més regulars solen mostrar-se força homogènies i susceptibles de proporcionar una major quantitat de matèria primera útil. Altres paràmetres, com la mida del sílex i el seu grau de tectonització, ens poden indicar clarament que determinat material no fou utilitzat en l'elaboració d'eines prehistòriques.

3.1.2. El còrtex, les pàtines i les alteracions

El còrtex és la part de la roca encaixant que delimita el sílex. Per fer un símil entenedor, diríem que correspondria a la pela de la fruita, i és ben sabut que hi ha tants tipus de peles com de fruites (figura 6).

El còrtex, com a part perifèrica de la matèria primera que estem analitzant, ha de despertar el nostre interès. Les implicacions del seu estudi són múltiples. D'una banda, la seva importància rau en el fet que en determinades ocasions ens permet relacionar l'element silici que estudiem amb un cert tipus de formació geològica específica (còrtex de naturalesa calcària, arenítica, conglomeràtica). Així doncs, l'observació macroscòpica de les restes corticals ens ajuda a atribuir l'origen de les mostres a contexts sedimentaris específics de roques carbonatades (calcàries, margues, dolomies), de roques evaporítiques o, fins i tot, de sèries conglomeràtiques (restes de ciment). D'altra banda, el còrtex també pot constituir el lloc ideal perquè es conservin evidències micropaleontològiques (restes de fòssils), que d'una altra manera difícilment es conservarien en la massa silícia. La caracterització d'aquest paràmetre en el cas dels materials arqueològics és també important, perquè ens permet

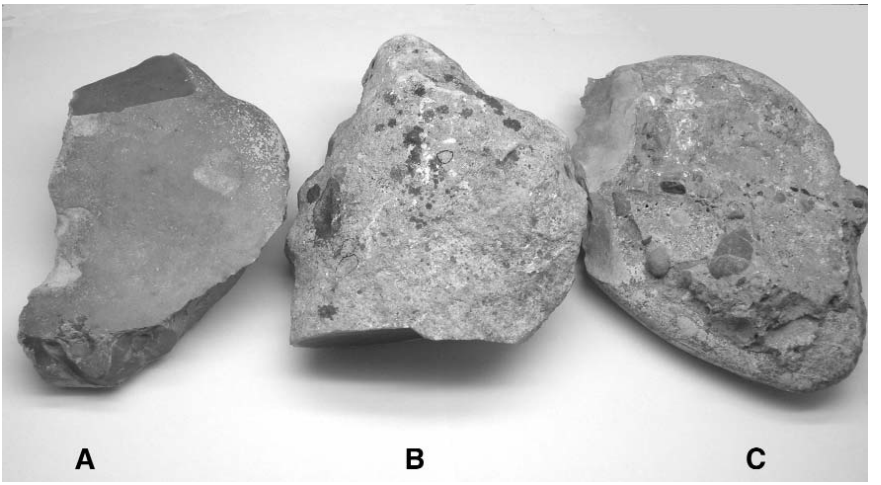

FIGURA 6. *Diferents tipus de còrtex. A) Còrtex rodat recollit a les terrasses del riu Segre; B) Còrtex arenític d'un sílex del Turonià superior de Grand Pressigny amb fòssils conservats; C) Còrtex conglomeràtic de sílex provinent de Montserrat.*

orientar les nostres prospeccions de camp cap a àrees potencialment portadores de sílex.

Els còrtexs poden presentar aspectes molt variats, poden ser fins o gruixuts, amb un contacte cap a l'interior de la massa silícia difús o, per contra, presentar una delimitació precisa. De la mateixa manera, la seva descripció, al marge de la litologia que els constitueix, ens pot aportar informacions molt útils tant sobre els processos de transport, com sobre els processos d'alteració dels materials (pàtines).

L'estudi del còrtex és un element important a l'hora de posar de manifest l'existència de processos de transport del material, des del seu aflorament primari fins a la zona d'aflorament secundari, on ha estat recollit.

El còrtex pot enregistrar evidències de punts d'impacte, en forma de «U» o de «V», que solen ser el resultat del transport per càrrega de fons entre els galets d'un riu. De la mateixa manera, alguns materials silicis poden aparèixer amb un aspecte cortical polit, fruit del desgast produït pels corrents d'aigua i les partícules abrasives que aquests transporten en suspensió; un cas extrem el documentem en els sílexs de platja. El transport pel gel pot també evidenciar-se en els còrtexs, mitjançant la documentació d'estries o solcs, generalment profunds i paral·lels, com succeeix, per exemple, amb els sílexs recuperats dels *tills* de la costa nord d'Anglaterra, que el casquet de gel del període glacial va transportar des d'Escandinàvia.

D'altra banda, la zona de contacte entre el còrtex i la massa silícia sovint és el lloc on es localitzen concentracions de minerals, que es relacionen amb antigues circulacions intersticials de fluids. Així doncs, en aquesta zona, la presència de colors compresos entre la gamma dels grocs, els bruns, els vermells i els morats solen ser indicatius de l'antiga presència de fluids carregats de ferro, que circularen en un medi sedimentari en condicions oxidants (figura 7); mentre que les traces negres solen ser restes de manganès o de matèria orgànica, en aquest cas preservada en condicions anaeròbies.

Pel que fa referència a les alteracions, hem de dir que hi ha diverses pàtines que poden resultar interessants a l'hora de dur a terme una caracterització macroscòpica dels materials. En primer lloc, esmentarem el que coneixem com a còrtex secundari, o de neoformació, que no és

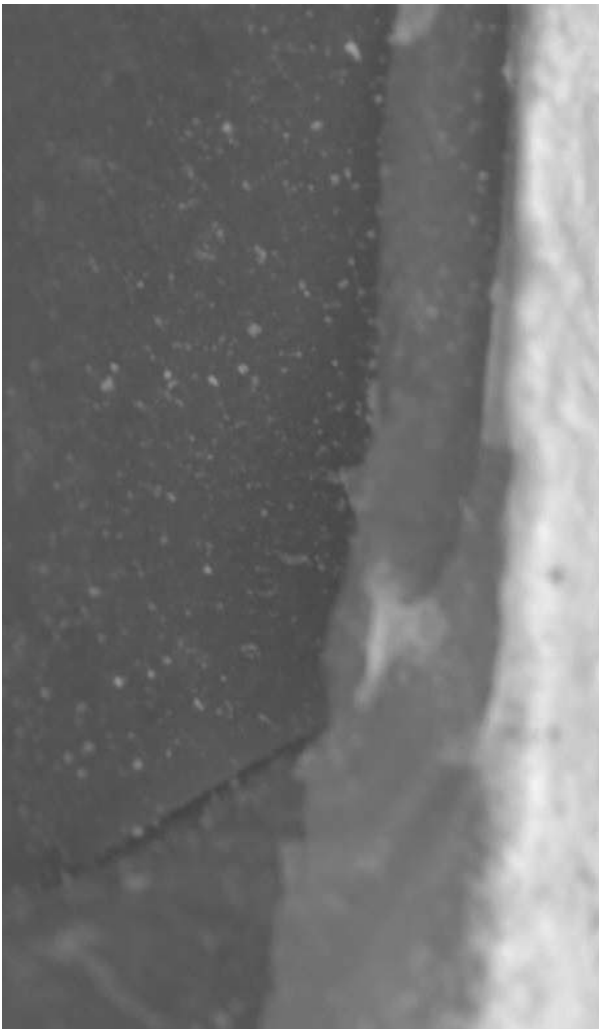

FIGURA 7. *Òxids de ferro en posició subcortical. Sílex d'origen desconegut procedent del jaciment magdalenià de Montlleó (Prats i Sansor, La Cerdanya).*

res més que l'alteració de la pròpia massa silícia per exposició a l'aire lliure, que confereix a la part externa de la resta un aspecte opac. Una variant de neocòrtex és la coneguda com «pàtina del desert». Aquesta pàtina com el seu propi nom indica és característica dels materials recuperats en ambients desèrtics, i serà ben coneguda del lector que hagi fet alguna passejada mirant a terra pels voltants de les Piràmides de Gizeh. En aquest cas, l'acció abrasiva de la sorra confereix a la superfí-

FIGURA 8. *Aspecte macroscòpic de pàtina del desert. Sílexs d'origen desconegut que provenen dels voltants de les piràmides de Gizeh (Egipte).*

cie de les restes un piquetejat important i, alhora, una lluïssor molt característica (figura 8).

Tant en el còrtex, com en la pròpia massa silícia, també poden quedar enregistrades altres menes de pàtines, o alteracions de naturalesa diversa. Les més evidents solen relacionar-se amb l'acció del foc; són el que anomenem les traces tèrmiques (figura 9). Una pàtina que es relaciona directament amb l'acció del foc és l'anomenada «pàtina rosada», que confereix als materials cremats una tonalitat molt característica. La cremació del còrtex pot comportar igualment l'aparició d'una pàtina negra, o d'una tonalitat grisa fosca, que sol acompanyar-se de la precipitació postdeposicional, sobre la resta cremada, de concrecions carbonatades. De la mateixa manera, altres traces tèrmiques, com l'anomenat mosaic *craquelée*, o les cúpules tèrmiques, ens permeten conèixer que el material silici ha patit processos de cremació. Finalment, la pàtina per excel·lència, almenys a casa nostra, és l'anomenada pàtina blanca. Aquesta alteració és el resultat d'intercanvis iònics entre el

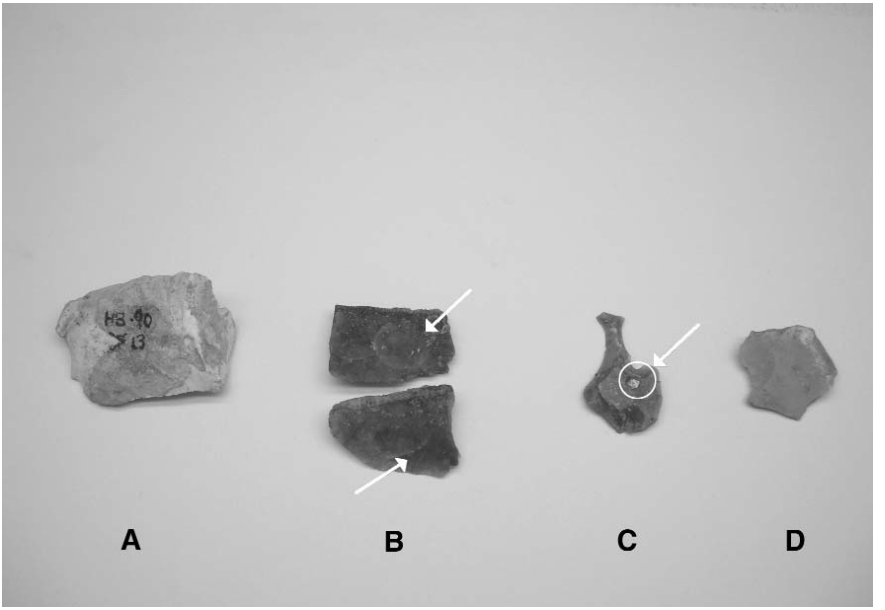

FIGURA 9. *Traces tèrmiques: A) Pàtina blanca i concreció; B) Peça cremada amb mosaic i color vermell intens; C) Cúpula tèrmica; D) Pàtina rosada.*

material arqueològic i el sediment on aquest es troba enterrat. Aquest intercanvi iònic està sotmès a variables de control com l'alcalinitat del sediment, el tipus d'aigües intersticials dels sediments o la temperatura (Rottländer, 1975), que provoquen la dissolució dels cristalls de sílice constitutius del sílex. Aquests cristalls, en reduir-se la seva mida, afavoreixen que les impureses fixades en les seves vores passin en solució, i es produeixi així un canvi en la manera de reflexió de la llum en la superfície del sílex, que és el que genera aquest aspecte lletós (figura 10) (Walter, 1995).

La freqüència relativament important dels processos d'alteració ens demostra que en una descripció macroscòpica hem de prendre en consideració que alguns dels paràmetres observables, com la lluentor o el color de les restes lítiques, no tenen per què respondre a les mateixes característiques que tindrien en estat original, ja que es podrien haver vist modificats precisament per aquest tipus processos. Cal, doncs, ser conscients d'aquest problema, i així evitarem caure en l'error de crear un tipus

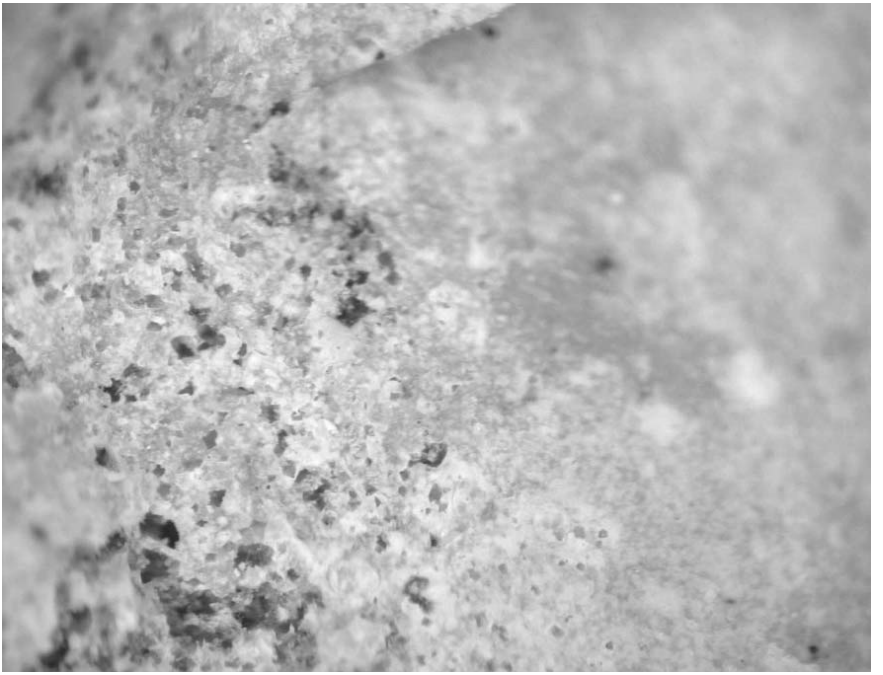

FIGURA 10. *Aspecte d'una peça patinada amb un procés d'alteració important.*

de sílex diferent, i per tant d'un origen diferent a un altre, la procedència del qual ja coneixem.

3.1.3. El color

El primer element pròpiament intern, en què centren la seva atenció els arqueòlegs, a l'hora d'establir les característiques macroscòpiques del sílex és, precisament, el color. Aquest paràmetre, com veurem a continuació, pot resultar útil en determinades ocasions, tot i que per altra banda també ha estat la font de la majoria dels errors d'atribució comesos, en emprar-se indiscriminadament com a únic criteri de classificació. Això és així, perquè el ventall de possibilitats colorimètriques observables en el sílex és pràcticament infinit. A més, la seva combinació és també molt variable, ja que hi ha sílexs monocroms, però també bicroms i policroms, fet que complica en gran mesura l'atribució colorimètrica. Aquesta

multiplicitat de colors s'acompanya alhora de diversos tipus de distribució dels mateixos. Hi ha distribucions del color llises, juntament amb d'altres que podem definir com: amb motes, en bandes, o zonals irregulars; tot plegat un gran conjunt de variables que desaconsellen la utilització d'aquest paràmetre com a únic criteri classificador. Malgrat aquesta gran variabilitat podem agrupar els colors en dos grans conjunts. D'aquesta manera, si entenem el color en sentit ampli, sí que resulta sovint un element important que ens pot ajudar a establir la gènesi del sílex.

Segons el matrimoni Séronie-Vivien (1987), els sílexs d'intensa coloració grisa o negra ens poden indicar que s'han originat en medis sedimentaris reductors, és a dir, sense la presència d'oxigen; en aquests la matèria orgànica no ha patit alteracions importants, mentre que els sílexs de coloracions groguenques i rogenques corresponen, generalment, a medis de formació en condicions oxidants.

De la mateixa manera, els sílexs de tonalitats clares, en especial el gris clar, poden vincular-se en ocasions a una dèbil difusió de ferro fèrric o, en la majoria dels casos, a una elevada porositat del medi, fet que implica una alta difracció de la llum. Mentre que els sílexs translúcids, amb lleugeres tonalitats groguenques, rosades, grises o blavoses, solen ser sílexs formats en medis lacustres, en els quals la composició sol estar dominada per un tipus de sílice concreta, la fibrosa o calcedònia.

El color també ha estat utilitzat pels arqueòlegs per a denominar determinades varietats de roques silícies que es caracteritzen, generalment, per presentar uns colors molt específics. Aquest fet, però, ha induït també a un cert nombre d'errors, ja que els criteris utilitzats pels geòlegs per a la classificació d'aquestes roques no tenen en compte només el color, sinó també altres paràmetres, com el tipus d'aflorament o el contingut en impureses, que als arqueòlegs se'ns escapen. Tal és el cas de la lidita, que és una roca silícia negra interestratificada en terrenys del Paleozoic, fonamentalment del Silúric (Cayeux, 1929), o del jaspi, roca silícia vinculada generalment a dipòsits hidrotermals, que posseeix gran quantitat d'impureses d'òxids de ferro. En aquest cas el seu color més freqüent és el vermell, tot i que presenta una àmplia varietat colorimètrica. Així doncs, el terme jaspi ha d'utilitzar-se amb moderació, ja que no tots els jaspis són vermells, ni totes les roques silícies vermelles són jaspis (Tarriño, 1998).

FIGURA 11. *Aspecte macroscòpic d'un* flysch *pirinenc.*

3.1.4. Les estructures sedimentàries

No resulta estrany observar en el sílex la presència de determinades microestructures sedimentàries, que són l'evidència del medi en el qual la roca s'ha originat. Aquest fet pot ser molt important per a la determinació de l'origen de determinats sílexs, com ara, la granoclassificació textural que s'observa en el cas del *flysch* pirinenc (Séronie-Vivien i Séronie-Vivien, 1987). Aquesta granoclassificació és observable a simple vista (figura 11) i, a més, fàcil d'identificar també pel gran nombre de petits punts lluents que presenta la superfície del sílex, quan la llum hi incideix directament, i que corresponen a grans de quars detrític.

Altres estructures sedimentàries, que generalment podem reconèixer a simple vista, són el que anomenem «anells Liesegang» (figura 12); es tracta d'estructures en bandes que demostren un origen diagenètic dels nòduls de sílex, per reemplaçament progressiu, amb etapes de major o menor aport de sílice (Tucker, 1981). De la mateixa manera, les morfologies que adopten determinats nòduls de sílex,

FIGURA 12. *Aspecte macroscòpic d'uns «anells de Liesegang»..*

reblint la porositat que les bioturbacions han generat en l'estrat sedimentari original, ens poden indicar les condicions originals de sedimentació.

3.1.5. Els fòssils o components esquelètics

L'observació macroscòpica de les restes lítiques silícies pot proporcionar-nos informació molt valuosa sobre el medi sedimentari en què el sílex es formà. Això és possible gràcies a la identificació dels fòssils que es conserven. Tot i això, hem de dir, però, que no totes les roques silícies presenten contingut micropaleontològic i que en el cas d'observar-se la presència d'aquest tipus d'evidències, les informacions que se'n poden extreure són de naturalesa dispar, ja que en bona mesura depenen del seu grau d'alteració (figures 13 i 14).

Un altre element que volem esmentar en aquest apartat és la gran dificultat que suposa l'aprofundiment en el coneixement d'aquestes evi-

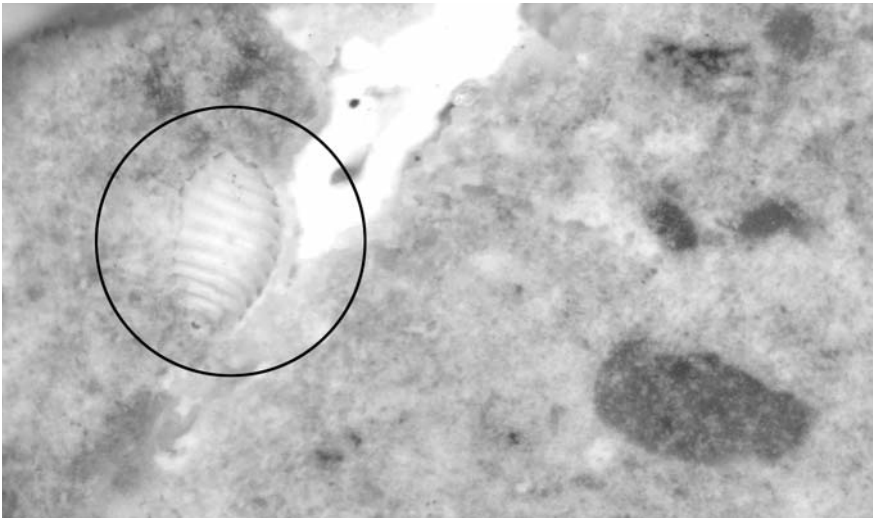

FIGURA 13. *Foto d'un fòssil ben conservat. Oogoni complet d'alga carofícia. Sílex lacustre d'origen desconegut procedent del jaciment magdalenià de Montlleó (Prats i Sansor, La Cerdanya).*

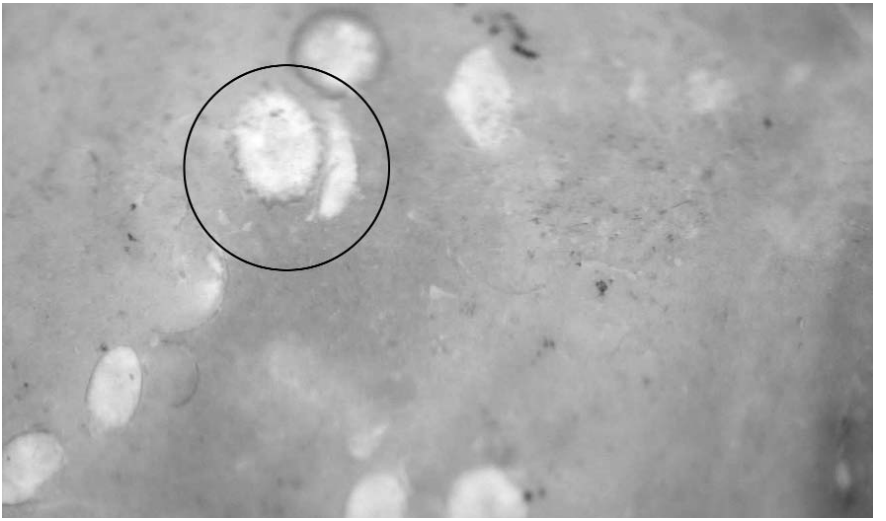

FIGURA 14. *Foto d'un fòssil en mal estat de conservació. Secció transversal d'oogoni d'alga carofícia. Sílex lacustre d'origen desconegut procedent del jaciment magdalenià de Montlleó (Prats i Sansor, La Cerdanya).*

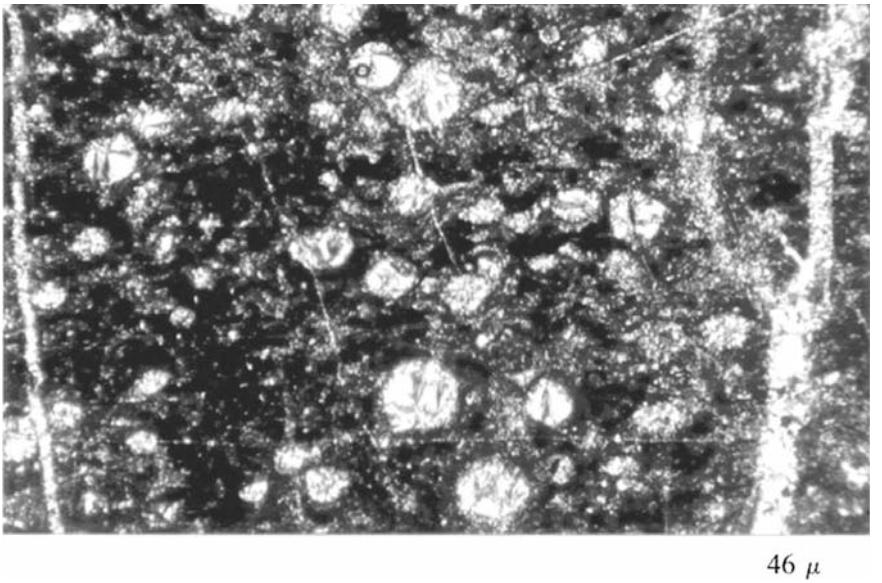

FIGURA 15. *Radiolarita (foto, Xavier Terradas, 1995).*

dències per part dels arqueòlegs; l'interès per a nosaltres rau fonamentalment en la possibilitat de percebre els medis sedimentaris originals, que ens poden ajudar a l'hora de guiar les nostres prospeccions sobre el terreny, o de millorar la determinació de la matèria primera que estem estudiant, però en cap cas podem substituir l'especialista en aquest àmbit. De fet, la micropaleontologia és una branca per si mateixa de la Geologia, i no podem pretendre identificar per nosaltres mateixos tot i cadascun dels fòssils observables en el material que estiguem estudiant. Resulta imprescindible, doncs, recórrer als especialistes en la matèria.

Generalment, s'identifiquen fòssils de naturalesa calcària, parcial o totalment silicificats, ja que, si bé els fòssils d'origen silici resulten francament abundants, especialment en determinats medis sedimentaris marins, aquests solen aparèixer, sovint, molt malmesos, com a conseqüència dels processos diagenètics que porten a la formació, precisament, d'aquest tipus de roques (figura 15). L'òpal (sílice hidratada) que constitueix les closques d'aquests microorganismes sol dissoldre's durant els

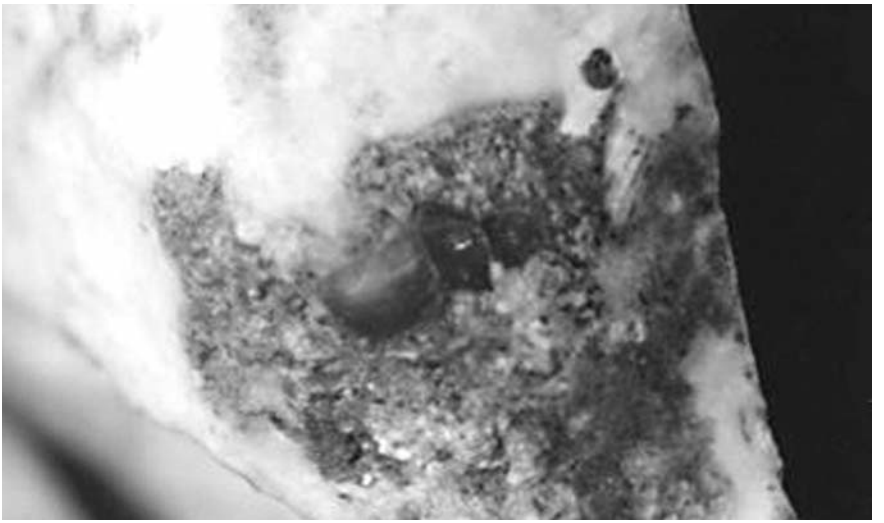

FIGURA 16. *Macrofòssil. Gasteròpode identificable a ull nu en un sílex d'origen desconegut procedent del jaciment magdalenià de Montlleó (Prats i Sansor, La Cerdanya).*

procés de compactació i litificació del sediment enterrat. Aquest fet implica la dissolució de la major part dels microfòssils; la sílice que aquests alliberen precipita, posteriorment, en una nova forma (Bustillo, 1980).

A més, en línies generals, els fòssils silicis solen ser de mida microscòpica i, per tant, difícils de reconèixer a ull nu o amb la lupa binocular. L'abundància dels fòssils de paret silícia en determinades roques sedimentàries, constituïdes fonamentalment per aquests elements, ha fet que rebin per part dels geòlegs noms específics. Tal és el cas de les anomenades radiolarites, diatomites i espiculites (Tarriño, 1998).

— Les radiolarites són roques silícies formades per l'acumulació de radiolaris (protozous marins planctònics d'esquelet opalí). Els radiolaris han estat molt abundants en les aigües marines des del Paleozoic fins a l'actualitat.
— Les diatomites són roques formades per l'acumulació de frústules opalines de diatomees (algues unicel·lulars). Les diatomees han estat la principal font de sílice biogènica de les aigües des del

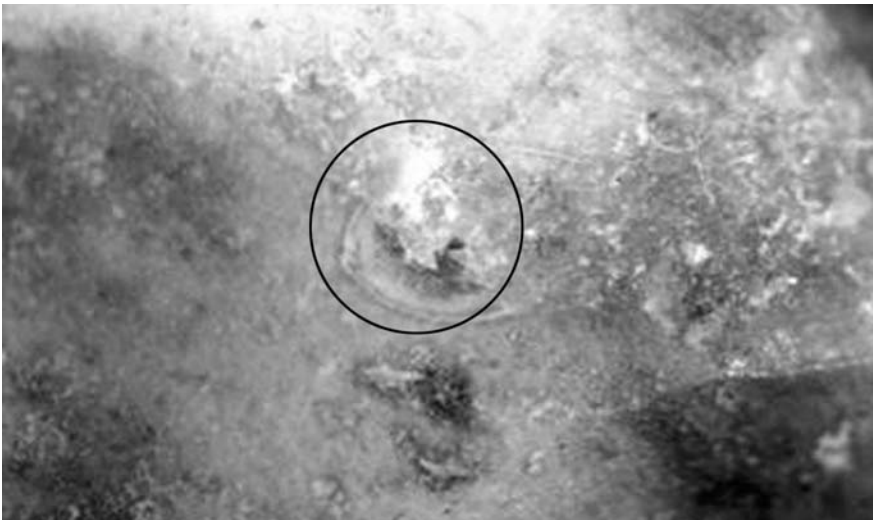

FIGURA 17. *Secció transversal d'ostràcode visible amb la lupa binocular en un sílex d'origen desconegut procedent del jaciment magdalenià de Montlleó (Prats i Sansor, La Cerdanya).*

Cenozoic fins a l'actualitat.

— Les espiculites són roques formades per l'acumulació d'espícules d'esponges silícies. Aquests organismes foren la principal font de sílice de les aigües marines des del Paleozoic fins al Cenozoic.

Entre els fòssils de paret calcària documentats en el sílex podem establir una primera diferenciació, tot simplement en funció de la seva mida. D'una banda, podem reconèixer els macrofòssils, com els mol·luscs (gasteròpodes i bivalves) de mida centimètrica, identificables a ull nu (figura 16) . D'altra banda, l'observació macroscòpica, amb l'ajut de la lupa binocular, ens permet evidenciar la presència de mesofòssils; es tracta de restes de mida mil·limètrica com grans ostràcodes, briozous o grans foraminífers (figura 17). En aquest cas, la seva identificació és més complicada, ja que el seu estat de preservació no acostuma a ser òptim. Aquest fet sol afectar els paràmetres emprats per a la seva identificació per part dels geòlegs, acostumats al reconeixement d'individus de naturalesa encara calcària i no pas silicificats (figura 18). Recordem en aquest paràgraf que, més enllà de la determinació especí-

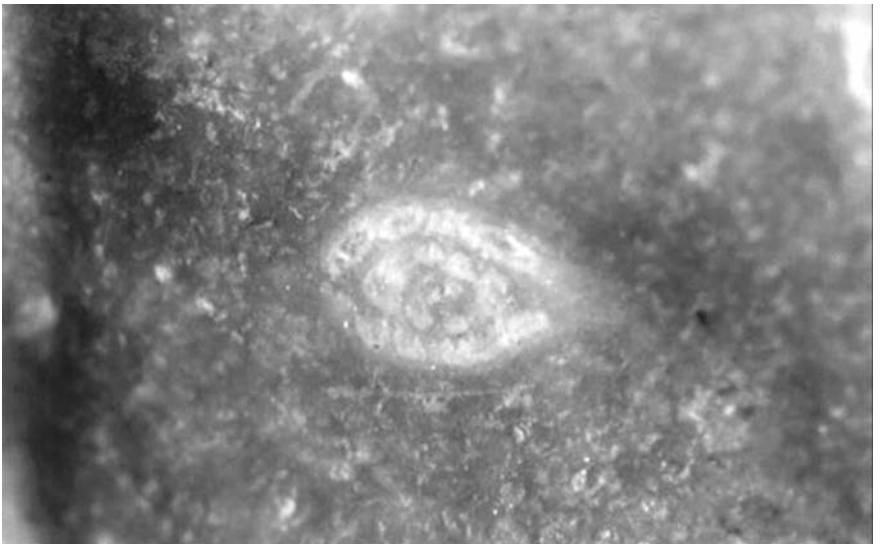

FIGURA 18. *Secció transversal de microforaminífer visible amb l'ajut de la lupa binocular en un sílex marí d'origen desconegut dels nivells epipaleolítics de la Cova del Parco (Alòs de Balaguer, La Noguera).*

fica del fòssil observat, el nostre interès se centra en el coneixement de les característiques del paleoambient sedimentari que el fòssil, o conjunt de fòssils, ens pot indicar.

Les restes fòssils carbonatades observables a simple vista no es limiten a restes esquelètiques d'animals; també algunes algues, en especial les carofícies (algues d'aigües dolces o salobres, però mai salades) són susceptibles de deixar registre fòssil en el sílex, tant de fragments de tija, com dels seus òrgans reproductors (oogonis) (figures 19 i 20). És precisament a partir de les diferències en aquests òrgans com poden identificar-se les diferents espècies (Martín Closas, comunicació personal).

Finalment, el registre fòssil pot conservar també elements indirectes, que ens informin sobre la presència d'éssers vius; ens referim als components fòssils no esquelètics, producte del metabolisme dels éssers vius, o que es produeixen per precipitació química relacionada amb l'activitat orgànica. Es tracta dels *pelets* (restes fecals) i els ooides. Un altre component no esquelètic —els oòlits—, pot ser també un element important a l'hora de dur a terme les nostres prospeccions sobre el

FIGURA 19. *Seccions transversals de tiges d'algues carofícies. Sílex lacustre d'origen desconegut procedent del jaciment magdalenià de Montlleó (Prats i Sansor, La Cerdanya).*

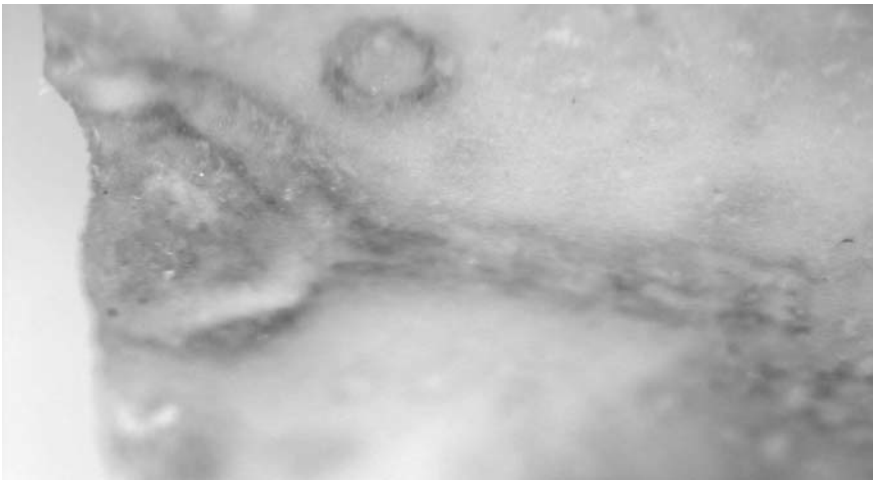

FIGURA 20. *Oogoni de carofícia. Sílex lacustre d'origen desconegut procedent del jaciment magdalenià de Montlleó (Prats i Sansor, La Cerdanya).*

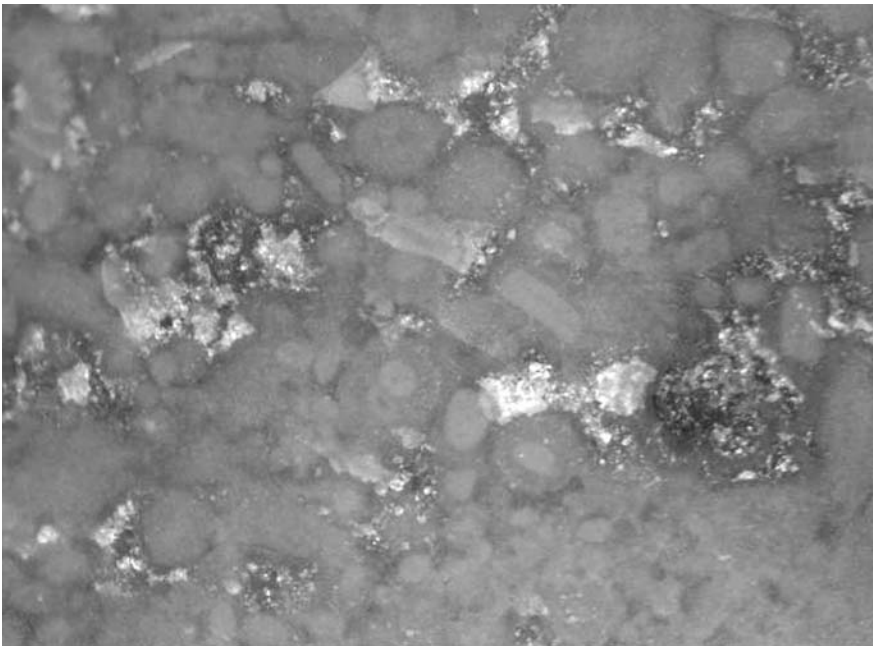

FIGURA 21. *Textura oolítica. Sílex hettangià de l'aflorament de La Chatre (Conca d'Aquitània, França).*

terreny a la recerca de les formacions primàries d'origen del sílex, ja que aquestes partícules ens indiquen medis sedimentaris d'alta energia en plataformes carbonatades (figura 21) (Tucker i Wright, 1990).

En resum, podem veure com tots aquests elements fòssils, ja siguin esquelètics o no, de naturalesa calcària o silícia, poden ser de gran ajuda per a la caracterització de les mostres de sílex, sobretot si tenim en compte les especificitats ecològiques d'aquestes restes, i les incompatibilitats entre algunes d'elles.

3.1.6. La mineralogia

Finalment, una bona observació macroscòpica ha de fixar el seu interès en la presència de possibles minerals que es poden reconèixer a simple vista, ja siguin aquests silicis o no, ja que tots ells ens poden indicar el medi sedimentari o els processos diagenètics implicats en la

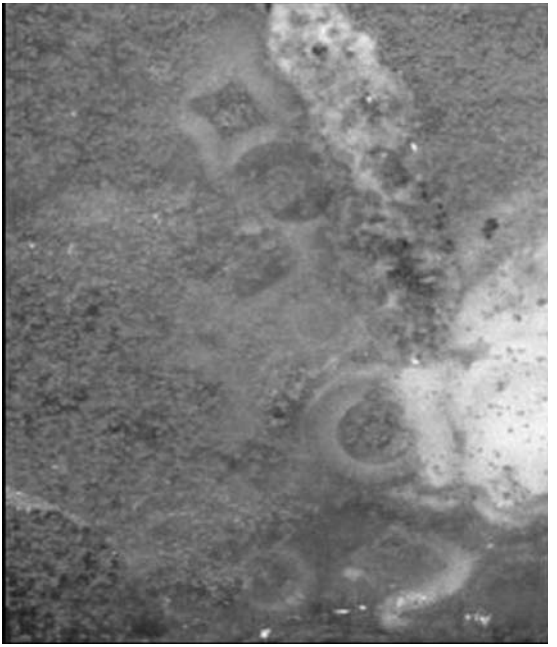

FIGURA 22. *Foto macroscòpica d'hematies i calcedònia en un sílex arqueològic del jaciment epipaleolític de la Balma del Gai (Moià, Bages).*

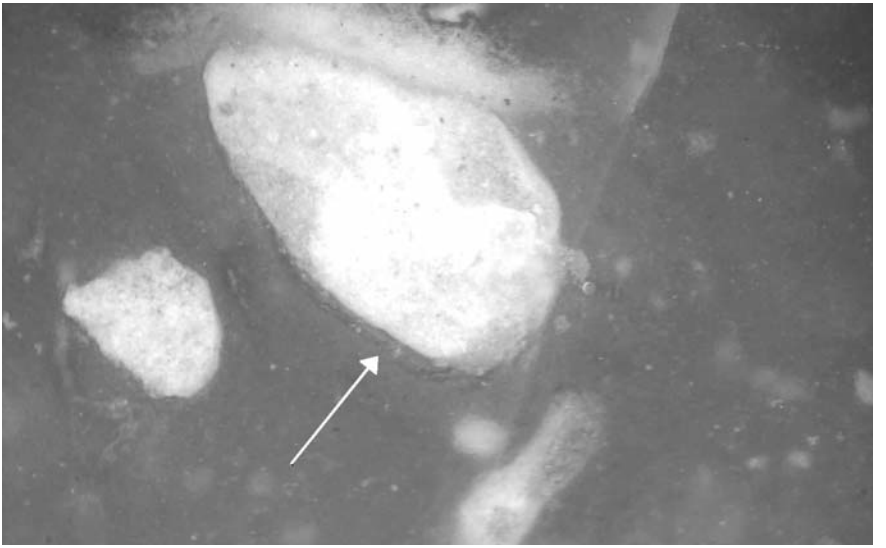

FIGURA 23. *Foto macroscòpica de megacristall de quars detrític en un sílex arqueològic del jaciment de Les Maitreaux (Indre et Loire, França).*

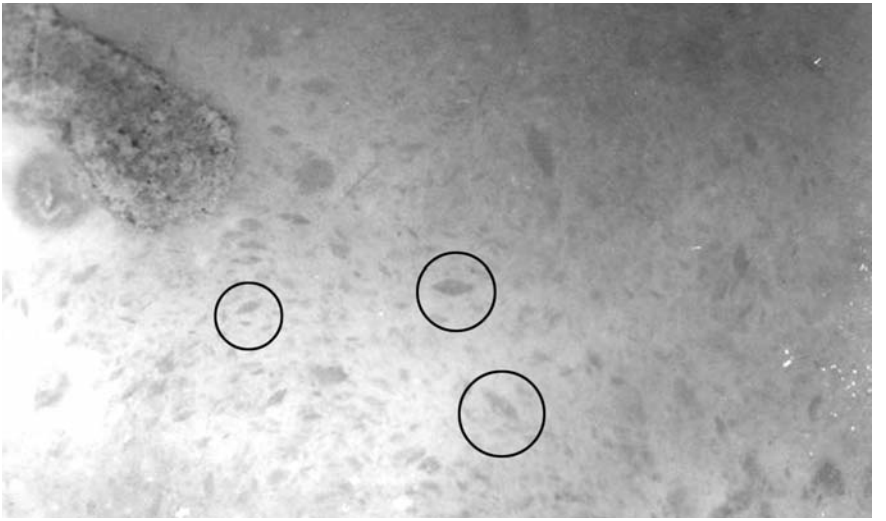

FIGURA 24. *Cristalls lenticulars de guix observats amb la lupa binocular. Sílex evaporític d'origen desconegut procedent del jaciment magdalenià de Montlleó (Prats i Sansor, La Cerdanya).*

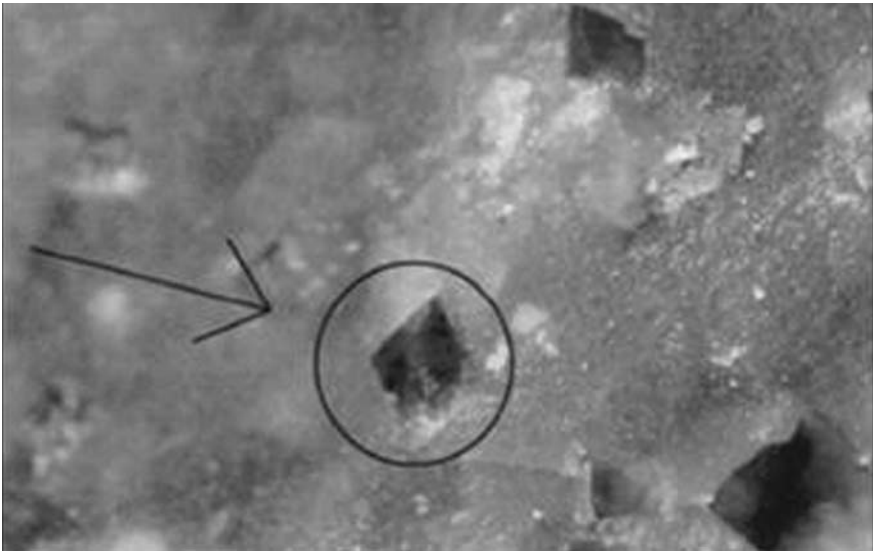

FIGURA 25. *Pseudomorf de cristall de dolomia en un sílex arqueològic d'origen desconegut del jaciment de la Balma del Gai (Moià, Bages).*

seva formació: la calcedònia (o sílice fibrosa) sol ser la textura de cimentació de la porositat més habitual (Bustillo, 1976) (figura 22). Els òxids de ferro poden en ocasions indicar la transformació de cristobalita en quars (Robertson, 1977 a Bustillo, 1980). Els grans de quars clàstic, o les palletes de miques, són una evidència dels materials detrítics de la conca de sedimentació (figura 23). Els pseudomorfs de guix ens poden estar indicant, per a la mostra en qüestió, un ambient sedimentari continental-evaporític (figura 24). Finalment, la presència de dolomia, com a mineral autigènic, pot estar marcant una transformació de l'òpal (figura 25). Segons Donnelly i Merril (1977, a Bustillo, 1980), el procés diagenètic de maduració de l'òpal allibera el magnesi que aquest pot contenir i dóna lloc a la formació de cristalls d'aquest mineral.

3.2. Valoració de la tècnica macroscòpica

La tècnica macroscòpica ha estat àmpliament utilitzada pels arqueòlegs per a dur a terme la classificació dels probables orígens dels materials recuperats en els jaciments arqueològics.

Aquesta tècnica ha estat al mateix temps molt criticada, per alguns investigadors, per la subjectivitat que presenta. Nosaltres ens sumem a aquestes crítiques, sempre i quan sigui la macroscòpia l'única tècnica utilitzada. Aquesta tècnica no pot considerar-se com a vàlida si no s'acompanya d'una intensa tasca de prospecció del terreny, a la recerca dels punts d'aflorament on el material era obtingut. Tot i això, pensem que la macroscòpia resulta fonamental en començar qualsevol estudi sobre la caracterització del sílex, puix que ens permet familiaritzar-nos amb les característiques generals i les alteracions que el conjunt del material presenta.

La comparació macroscòpica, entre mostres arqueològiques i geològiques no és una tasca inútil. Així doncs, de fet, la identificació macroscòpica pot tenir un rol important per a determinades mostres d'origen desconegut, com a primer pas per a identificar les fonts d'aprovisionaments. En aquest cas creiem del tot fonamental recórrer directament, amb les mostres a la mà, a les persones que són coneixedores del sílex de cada zona en concret, amb l'esperança de poder escoltar «això em

sona a…», punt de partida d'una anàlisi més aprofundida.

Són nombroses les aproximacions a l'estudi del sílex, d'un o més jaciments, que s'han dut a terme utilitzant alguns dels criteris macroscòpics que hem estat esmentant. Malgrat aquest fet, són pocs els estudis que, basats en criteris macroscòpics, mereixin la nostra atenció. Només citarem aquells que s'acompanyaren de prospeccions sobre el terreny a escala regional. Com a exemples d'aquesta mena de treballs, basats en caràcters macroscòpics, cal esmentar els de la conca de Brive per P.Y. Demars (1982), els de M. Mauger (a Taborin, 1994) sobre l'origen dels materials silicis emprats pels habitants magdalenians de l'Ile-de-France i, finalment, els de Takács-Biró (1997) sobre la conca càrpata. Aquests estudis es basaren majoritàriament en la presa sistemàtica de mostres en els afloraments i, per aquest motiu, tot i tractar-se de classificacions «visuals», van permetre la realització d'importants litoteques regionals, que han estat la base fonamental per al desenvolupament d'anàlisis posteriors.

3.3. La fitxa d'inventari macroscòpic

La necessitat de dur a terme un registre exhaustiu de tots els paràmetres observables macroscòpicament ha generat l'aparició d'una certa varietat de fitxes d'inventari (Malissen, 1977; Masson, 1979, 1981; Simmonet, 1979; Séronie-Vivien i Séronie-Vivien, 1987; Tarriño i Ulibarri, 1992; Sozzi i Vannucci, 1996). A partir dels elements més interessants de cadascuna hem creat el nostre propi model, per a poder establir els possibles caràcters discriminants entre els diferents materials silicis que analitzem de cada jaciment (figura 26).

En la fitxa podem diferenciar tres parts:

1. En aquest apartat es recullen les dades generals d'inventari de la resta lítica: número d'inventari macroscòpic. Número d'inventari arqueològic. Quadre. Nivell.

2. Aquí centrem la nostra atenció en tots aquells aspectes més «externs» de la resta lítica, els paràmetres en principi més fàcilment definibles:

— **El tipus de sílex**: Aquest apartat permet donar un nom al conjunt

Núm. d'inventari		Núm. de peça		Quadre		
Tipus de sílex	Color	Distribució	Transparència	Pàtina	Corticalitat	Rodament
Superfície	Gra/textura	Qualitat	Inclusions	Fòssils	Observacions	

FIGURA 26. *Model de fitxa d'anàlisi macroscòpica.*

de característiques que estem observant.

L'elecció del nom pot resultar més complicat d'allò que a primera vista pugui semblar, ja que hi ha diverses possibilitats de classificació. En el cas de mostres d'origen geològic conegut, podem optar per la utilització del nom del pis geològic determinat, per exemple, sílex del Garumnià (Mangado, 1997, 2002). En d'altres ocasions, podem optar per una denominació geogràfica, com ara sílex de Treviño (Tarriño, 1998, 2000); però, en ambdós casos, hem de tenir en compte que aquestes denominacions estableixen, de fet, el que podem considerar un «sílex-tipus ideal» que ha estat definit *a posteriori*, després d'una important tasca de prospecció sobre el terreny i de caracterització macroscòpica de gran quantitat de mostres. Hi ha, però, un parell d'inconvenients davant d'aquesta nomenclatura: per una banda, com anomenarem el sílex del qual desconeixem l'origen geològic i geogràfic? Una possible solució seria l'establiment d'una seqüència numèrica (tipus 1, 2, n…). D'altra banda, bé la denominació geològica/geogràfica, bé les seqüències numèriques, sovint no ajuden gens els nostres col·legues a l'hora d'apropiar-se d'uns paràmetres mentals que els puguin ajudar a reconèixer i classificar, per si mateixos, els materials arqueològics.

En alguns casos, especialment quan l'origen del material roman desconegut, el millor pot resultar una atribució descriptiva d'alguna de les seves característiques macroscòpiques més destacades, per exemple «sílex de textura oolítica» (figura 27).

— **El color**: Com ja hem esmentat, aquest ha estat tradicionalment el

FIGURA 27. *Sílex de textura oolítica d'origen desconegut procedent del jaciment epipaleolític de la Balma del Gai (Moià, Bages).*

paràmetre més emprat. Pensem que es pot millorar la seva definició utilitzant una carta de colors (per exemple, la taula Munsell). La determinació del color depèn de factors tan variables com la llum amb què es dugui a terme aquesta, com també si la mostra s'observa en sec o humida. Per intentar establir un cert estàndard en les característiques de l'observació, nosaltres defensem la utilització d'una cambra de llum blanca, on la determinació es realitza sota la llum d'un fluorescent (figura 28).

La caracterització del color amb la taula Munsell proporciona una descripció basada en tres paràmetres (*Hue*, *Value* i *Chroma*) que acaben definint-se en una fórmula del tipus: 10YR5/1.5 que, evidentment, expressada d'aquesta manera, no ens ajuda a l'hora de fernos una idea del color de què es tracta; ara bé, juntament amb aquesta descripció alfanumèrica, n'hi ha una altra de molt més utilitzable (*gray/grayish brown*), que és de fet la que ens pot ajudar a agrupar les mostres en els grans conjunts que hem definit anteriorment, en l'apartat dedicat al color com a paràmetre macroscòpic.

— **La distribució del color**: Aquest paràmetre és indissociable de l'anterior, ja que juntament amb el color hem de tenir en compte com aquest es mostra en el material que estem analitzant. Així podem defi-

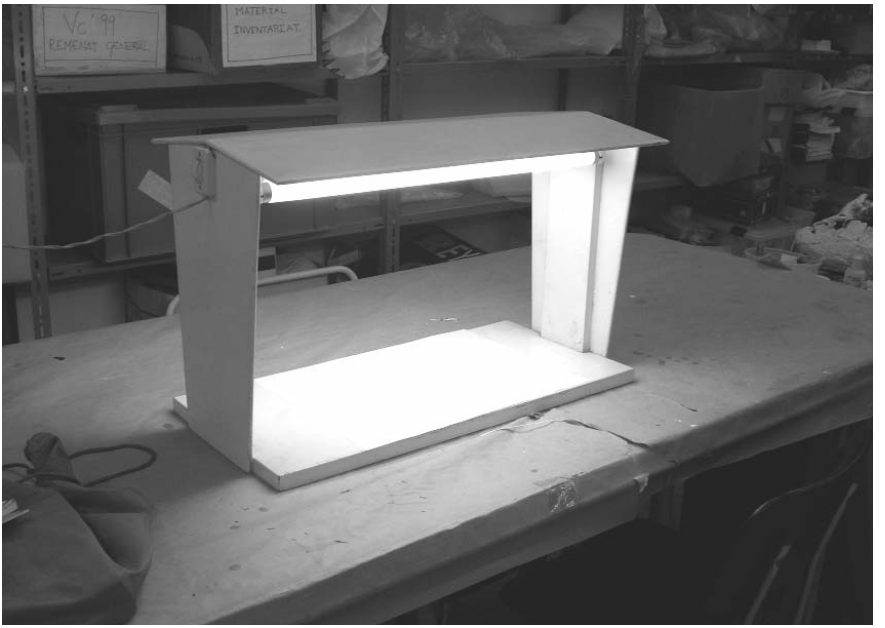

FIGURA 28. *Cambra de llum blanca per a la determinació del color segons la taula Munsell.*

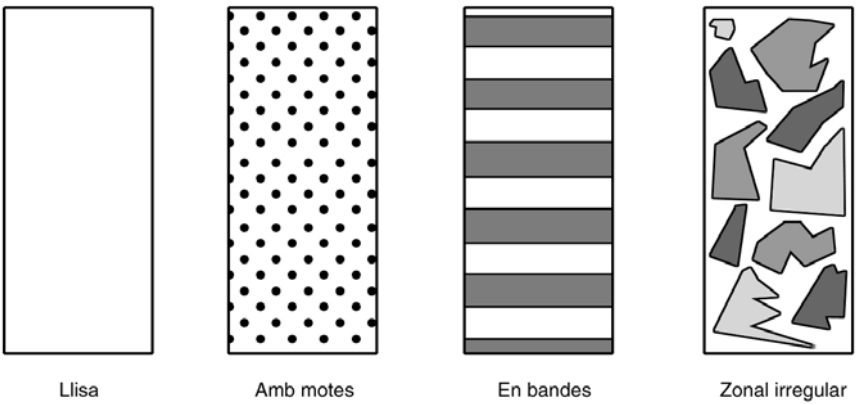

FIGURA 29. *Esquema de la distribució del color.*

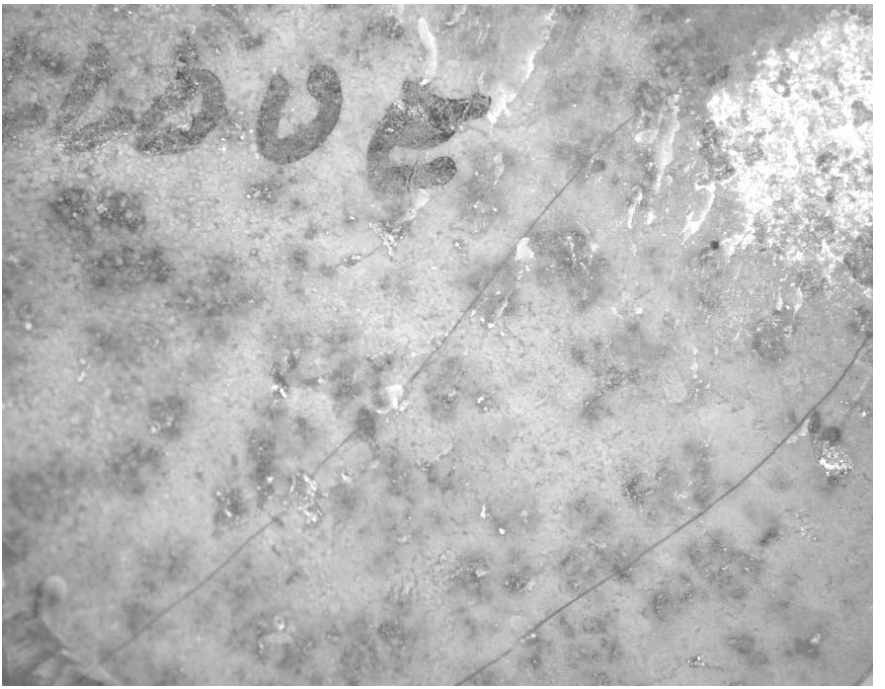

FIGURA 30. *Sílex hettangià, amb motes, de l'aflorament d'Alloué (conca d'Aquitània, França).*

nir diverses distribucions del color (figura 29), com per exemple:

— *Llisa*. Es tracta d'aquella en què el color es mostra de manera uniforme per tota la superfície de la resta. Aquesta distribució considerem que fa referència a mostres que presenten un únic color.

— *Amb motes*. En aquest cas estem definint que, juntament amb el color de base, s'hi observa la presència important d'altres partícules, de mida generalment petita, disseminades aleatòriament per tota la superfície. Aquestes partícules solen ser elements de naturalesa mineral que proporcionen un aspecte puntejat a la superfície, com succeeix per exemple amb la presència d'òxids de manganès en els jasperoides de l'Hettangià de la conca Aquitana (França) (figura 30).

— *En bandes*. En aquest cas, ens trobem davant la presència de

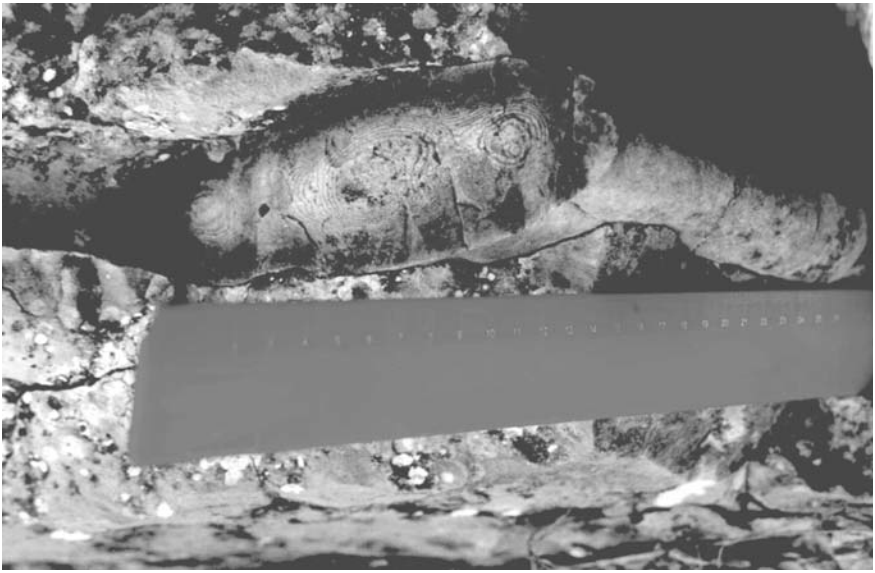

FIGURA 31. *Sílex sannoisià amb distribució de color en bandes, de l'aflorament de Castelló de Farfanya (La Noguera).*

diversos colors o gammes colorimètriques que apareixen en capes ritmades. Aquest tipus de distribució seria el que generalment observem en les àgates, i sol correspondre a fases successives de creixement dels nòduls amb moments d'un, major o menor, aport de sílice. Per definició aquest tipus de distribució presenta com a mínim dos colors, o gammes d'un mateix color, diferents (figura 31).

— *Zonal irregular*. Finalment, aquesta distribució del color fa referència a aquelles mostres que presenten diversos colors sobre una mateixa resta lítica. Sovint podem considerar que el color predominant és el de base, però que la quantitat d'inclusions, així com la mida important de les mateixes, provoca una distribució de colors per zones aleatòries, que presenten unes morfologies irregulars. Aquesta distribució de color és de fet la que pot induir a un major nombre d'errors en les caracteritzacions macroscòpiques basades únicament en aquest criteri, ja que, en funció de la mida de la resta i de la part de color

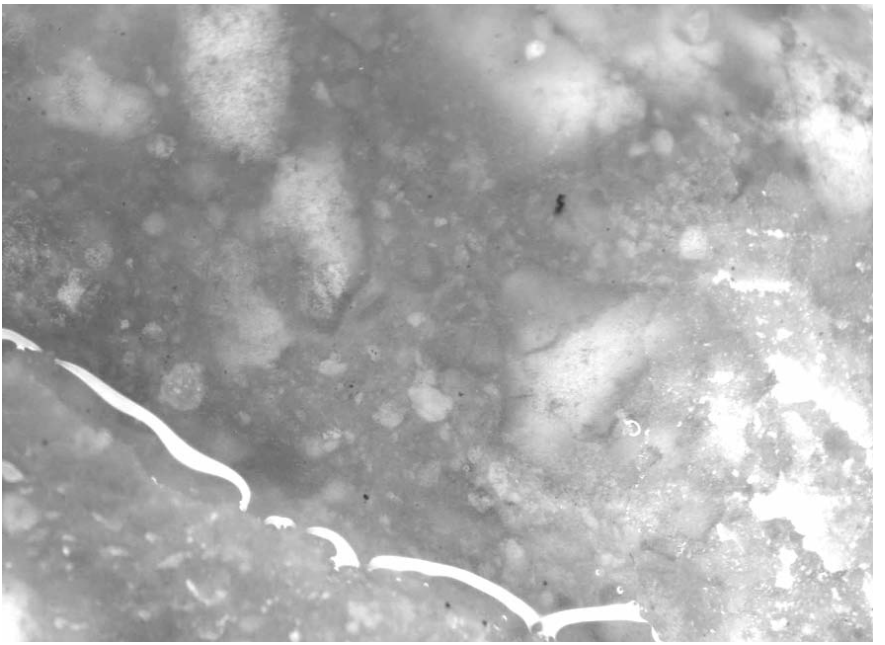

FIGURA 32. *Sílex d'origen desconegut i distribució de color zonal irregular del jaciment de Les Maitreaux (Indre et Loire, França).*

que aquesta presenti, podem cometre l'errada de considerar com un tot allò que de fet no és més que una part, és a dir, diferenciar un tipus de sílex, que definiríem com de distribució de color llisa, quan es tracta d'un fragment de color llis que pertany a un sílex del tipus zonal irregular (figura 32).

— **La pàtina**. Associat amb els paràmetres de color i distribució del mateix, la fitxa d'inventari inclou un apartat dedicat a la presència de pàtina, ja que aquesta —com hem vist— pot ser un element de primer ordre a l'hora d'establir les característiques macroscòpiques comunes a un conjunt de materials lítics. Aquest apartat defineix alhora tant l'absència de pàtina (NP)[1] com el grau de presència (PM;

1. NP. (no patinat).
2. PM (pàtina marginal) fins a un 25 % de la superfície de la mostra afectada per la presència de pàtina; MP (mitjanament patinat) fins a un 50 %; PD (pàtina dominant) fins a un 75 %; PT (pàtina total), el 100 % afectat.

FIGURA 33. *Esquema d'índex de patinació*

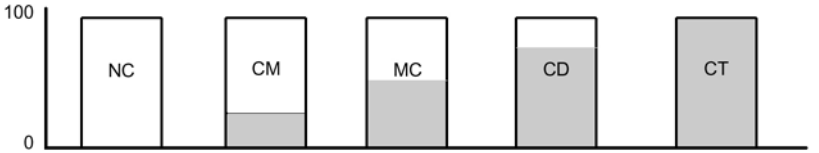

FIGURA 34. *Esquema d'índex de corticalitat.*

MP; PD; PT)[2] (figura 33).

— **La transparència**. Un element prou important a l'hora de dur a terme la caracterització macroscòpica dels materials és el seu grau de transparència. Nosaltres hem definit tres graus bàsics: translúcid, opac/translúcid i opac. El concepte opac/translúcid es reserva per a aquells materials en què els fils de la peça es mantenen translúcids, tot i que la resta de la mateixa sigui opaca a la llum esmesa. Aquesta definició es basa únicament en la capacitat del material per a permetre el pas a través seu, de la llum emesa per la làmpada inferior de la lupa binocular. Aquesta característica és important, ja que hi rau la possibilitat de dur a terme una observació macroscòpica no només de la superfície de la mostra, amb llum reflectida des de dalt, sinó que ens permet també augmentar el grau de precisió de l'observació en tenir la possibilitat d'accedir a l'interior de la resta lítica.

— **La corticalitat**. Aquest apartat recull el grau de corticalitat[3] (figu-

3. NC (no cortical), CM (còrtex marginal), fins a un 25 % de la superficie dorsal; MC (mitjanament cortical), fins a un 50 %; CD (còrtex dominant), fins a un 75 %; còrtex total, fins al 100% de la superfície dorsal amb còrtex.

ra 34), així com les característiques del mateix còrtex. En aquest apartat cal definir la naturalesa del còrtex (calcari, arenític, conglomeràtic…), així com el seu gruix relatiu, color i aspecte (pulverulent, per exemple), el tipus de contacte que té amb la massa silícia i les possibles traces de contingut micropaleontològic que presenti.

— **El rodament**. Un element íntimament relacionat amb la presència de còrtex és el seu grau de rodament, que pot ser un paràmetre que ens ajudi a establir el possible transport del material fins al punt d'aflorament secundari. En aquest sentit, nosaltres hem establert quatre categories per a definir aquest paràmetre macroscòpic:

NR	No rodat	Arestes vives i anguloses. Cap evidència de transport.
ER	Escassament rodat	Arestes lleugerament arrodonides. Sense traces de transport evidents.
CR	Còrtex rodat	Superfície fonamentalment llisa. Transport probable, però no intens.
CP	Còrtex polit	Superfície molt llisa, sovint lluent i amb traces d'impacte. Transport evident i intens.

— **Inclusions i fòssils**. El darrer element «fàcilment» observable en una descripció macroscòpica fa referència a les inclusions i contingut micropaleontològic presents en la massa silícia. En aquest apartat cal tenir en compte tots aquells elements que ens parlen de l'ambient sedimentari en el qual es formà el material lític que estem analitzant i que, en ocasions, seran una valuosa ajuda per a poder establir les fonts d'origen del mateix.

Podem definir a grans trets els principals tipus d'inclusions a tenir en compte:

— En primer lloc, és possible determinar la presència de certs components silicis, com ara: els microfòssils de naturalesa silícia, tal és el cas de les espícules de siliciesponges (figura 35), les dia-

4. Precisament el reconeixement de la seva presència permet donar a les roques els noms d'espiculita, diatomita o radiolarita.

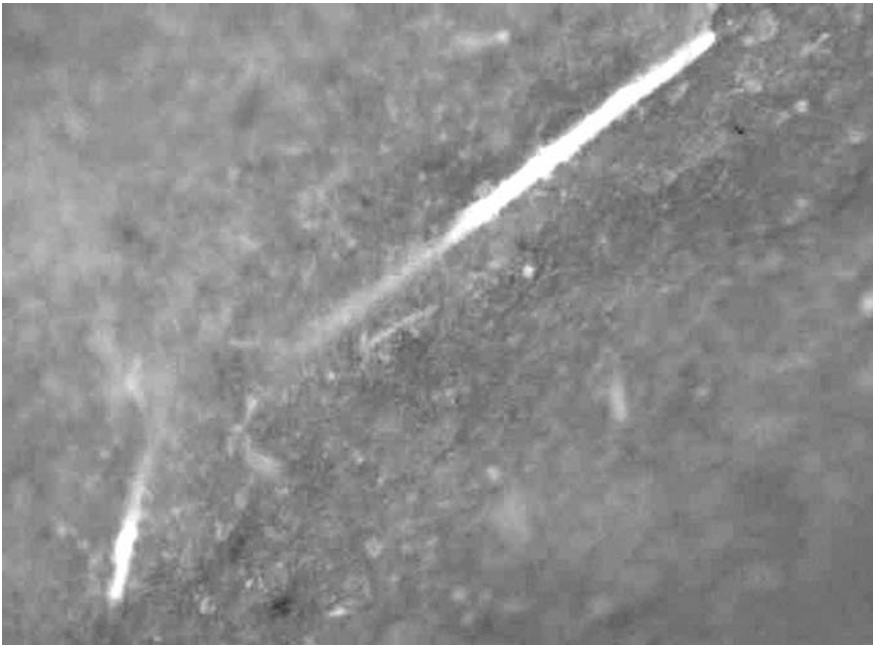

FIGURA 35. *Aspecte macroscòpic d'espícula d'esponja silícia. Sílex d'origen marí del jaciment de Les Maitreaux (Indre et Loire, França).*

tomees o els radiolaris[4]. Aquests elements, però, solen resultar de difícil identificació, ja que sovint apareixen totalment afectats pels processos diagenètics de formació de la roca.

— En segon lloc, és possible determinar macroscòpicament la presència de fases relacionades amb la composició mineralògica. Tal és el cas de la presència d'òpal. L'òpal és un mineraloide de la sílice (Tarriño, 1998), de fet es tracta de sílice hidratada, que es caracteritza macroscòpicament per una lluïssor de cera o de plàstic i un aspecte gras en mostra de mà (figura 36). També la calcedònia es pot documentar macroscòpicament per la identificació de textures radials en determinades mostres de mà fortament impregnades per òxids de ferro (figura 37).

D'altra banda, l'observació macroscòpica ens permet també observar elements de naturalesa no silícia previs a la silicificació. Aquests elements poden ser de tipus bioclàstico-esquelètic (restes de

FIGURA 36. *Aspecte macroscòpic d'un òpal.*

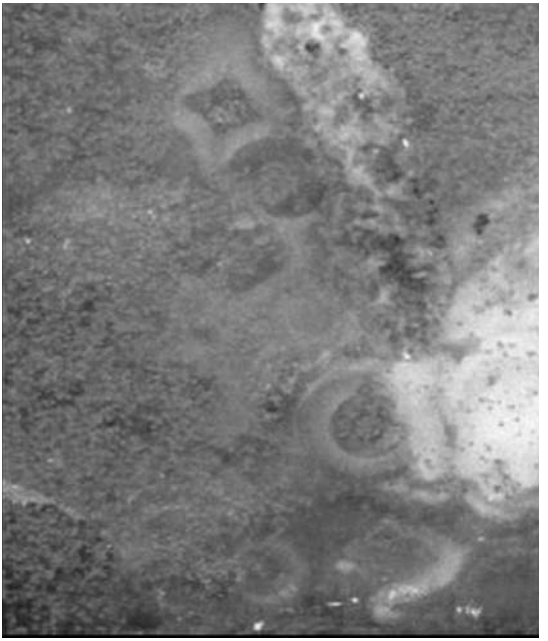

FIGURA 37. *Foto macroscòpica d'hematites i calcedònia en un sílex arqueològic del jaciment epipaleolític de la Balma del Gai (Moià, Bages).*

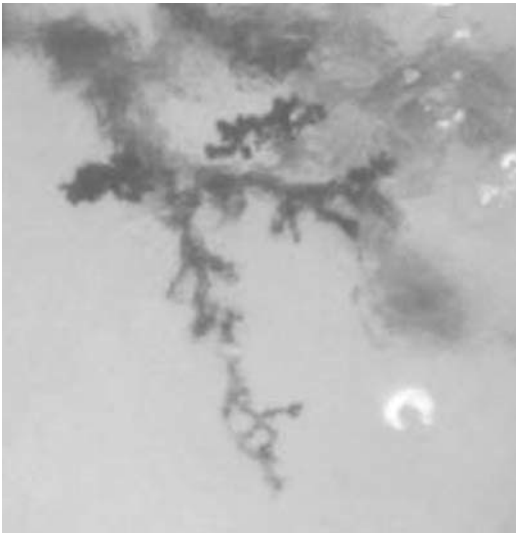

FIGURA 38. *Aspecte macroscòpic de dendrites de manganès en un sílex del Turonià inferior de la vall del Cher (França). Aflorament de Levroux.*

bivalves o de gasteròpodes), o no esquelètic (textures oolítiques, per exemple). A més, macroscòpicament, també podem establir la presència de restes carbonatades d'origen mineral com ara cristalls romboèdrics de dolomia.

Entre els components no silicis cal tenir en compte també les inclusions de caire mineral, com la presència d'òxids de ferro (generalment en forma d'agregats d'hematites que presenten un intens color vermell) o de manganès (morfologies dendrítiques de color negre) (figura 38), així com evidències de minerals de naturalesa terrígena com els grans de quars clàstic, fàcilment observables en exposar la mostra a la llum, ja que observarem petits punts titil·lants que corresponen precisament a la presència de grans de quars detrític.

3. El tercer apartat de la fitxa de descripció macroscòpica fa referència a aquells paràmetres més difícilment «observables», ja que de fet se centra en la valoració d'aspectes de caire més qualitatiu, com serien la mida de gra o la superfície del sílex.

En funció dels valors que atribuïm a ambdues variables, establim el concepte, totalment subjectiu, de «qualitat del sílex». La qualitat d'un

sílex és un dels paràmetres sobre els que més s'ha escrit a l'hora de dur a terme les classificacions macroscòpiques, en especial per part dels mateixos arqueòlegs. Nosaltres voldríem destacar que aquesta «qualitat» és un paràmetre totalment subjectiu (som nosaltres mateixos el que atribuïm al material una qualitat bona o dolenta), ja que tot sílex es caracteritza per una textura criptocristalina i per una fractura concoïdal (els geòlegs no parlen de sílex de bona o mala qualitat). El concepte de qualitat és, doncs, un paràmetre mental propi de cada investigador.

D'aquesta manera resulta evident que determinats sílexs responen millor a processos tecnològics que d'altres. A la pregunta de si un sílex és de millor qualitat que un altre, com a arqueopetròlegs hem de respondre que això depèn de l'habilitat del tallador i de l'útil que pretenguem aconseguir.

IV. La caracterització microscòpica: la petrografia

4.1. Introducció

Com acabem de veure, la macroscòpia ha estat la tècnica més comunament emprada pels prehistoriadors per a la classificació i caracterització de les restes de naturalesa lítica recuperades de les excavacions arqueològiques. Tot i això, els geòlegs, des de fa dècades i gràcies a la petrologia, han definit i caracteritzat les roques sedimentàries, entre les quals les roques silícies de manera molt més precisa (Cayeux, 1929; Tarriño, 1998, 2000).

Petrologia és un terme molt ampli que enquadra l'estudi de la història natural de les roques, la seva mineralogia, fàbrica, origen i alteracions. És també un terme aplicable a la tècnica de descriure les roques, tant en mostra de mà, com més particularment en làmina prima. En aquest darrer cas, el terme més apropiat és el de petrografia (McClough i Woolley, 1984). Malgrat el desenvolupament adquirit al llarg dels anys per la petrologia, els prehistoriadors, formats en un àmbit universitari organitzat, fonamentalment, al voltant de les Ciències Humanes, encara anomenem i classifiquem les roques de manera anàrquica i, sovint, inconseqüent. En defensa nostra, hem de dir, però, que les definicions precises de les roques reposen sobre observacions microscòpiques, i aquesta és una escala d'anàlisi que tradicionalment no s'ha emprat en l'àmbit de les nostres ciències.

En aquest apartat no pretenem aprofundir en el coneixement petrogràfic del sílex; si més no, però, intentarem donar unes lleus pinzellades

generals sobre el funcionament de la tècnica i alguns elements bàsics per a la seva comprensió. Tot i això, el desenvolupament i l'aplicació dels estudis de petrografia arqueològica han de considerar-se com un element fonamental en la praxis arqueològica actual, ja que han fet més fàcil, per als prehistoriadors, poder avaluar les eines lítiques com a evidències tangibles de les capacitats econòmiques i dels coneixements tècnics dels grups humans prehistòrics. Als nostres ulls, aquests estudis són imprescindibles, ja que qualsevol intent d'estudi dels artefactes en termes humans i culturals, més enllà de la seva classificació tipològica, ha de basar-se, almenys parcialment, en aquests resultats, perquè una de les finalitats de les anàlisis arqueopetrològiques és la identificació de les fonts de matèries primeres explotades i, en la mesura possible, l'atribució dels artefactes a les seves fonts geològiques. D'aquesta manera, podem aproximar-nos a la dimensió espacial de la relació entre el medi natural existent i els territoris d'explotació econòmica utilitzats per determinat grup humà.

La formació del sílex sol ser el resultat d'un procés diagenètic, o de reemplaçament, generalment de roques carbonatades; serà, doncs, l'ús de tècniques d'anàlisis específiques de les roques el que ens permetrà conduir el nostre treball sobre bases científiques, ja que l'escala microscòpica ens facilitarà la lectura de molta informació, que, segons les característiques constitutives de les roques silícies, no ens és possible de determinar macroscòpicament. Com a prehistoriadors hem de ser molt conscients que, al marge de la finalitat del nostre estudi, l'aproximació als sistemes econòmics i socials de gestió dels recursos minerals per part de les comunitats prehistòriques, la precisió en les anàlisis i la claredat del llenguatge descriptiu, serà el que, en bona mesura, donarà valor a les nostres conclusions, que a la vegada seran transmissibles i comprensibles per d'altres especialistes. Tot això incrementarà el corpus del nostre coneixement científic sobre el passat humà.

4.2. La utilització del microscopi

La utilització del microscopi per a la caracterització del sílex queda plenament justificada pels avantatges que comporta la seva aplicació

en dos camps: la petrografia i la micropaleontologia. La petrografia es basa en les anàlisis texturals i mineralògiques que ens informen dels constituents de la roca i de la forma com aquests minerals es presenten en el material. La micropaleontologia permet determinar, mitjançant l'observació microscòpica, els elements paleontològics no observables a ull nu, i que poden romandre conservats en la massa silícia.

La petrografia, i en part la micropaleontologia, es basen en l'estudi, mitjançant el microscopi polaritzant, de làmines primes. L'ús del microscopi va començar a generalitzar-se en el camp de la cristal·lografia i la mineralogia a partir del 1858, moment en què el naturalista anglès Henry Clifton Sorby va iniciar la confecció de preparacions en forma de làmines primes de roques i minerals (Labor, 1968). Una làmina prima no és més que una «rodanxa» de roca de 25 a 30 µm destinada a l'estudi microscòpic. Aquest gruix tan reduït es justifica pel fet que a aquesta escala la majoria de minerals esdevenen anisomètrics, és a dir, les seves propietats òptiques canvien en funció de com la llum els travessa. Precisament, són aquestes variacions el que en permet la identificació. La anàlisi d'una làmina prima contempla, per una banda, l'estudi dels minerals de manera individualitzada (identificació, mida, etcétera). Per una altra banda, els estudia en el seu conjunt (estructura), així com en les relacions i disposicions entre els mateixos, allò que anomenem textura.

4.3. La petrografia del sílex

Les roques sedimentàries silícies estan constituïdes majoritàriament per minerals que pertanyen al grup de la sílice. Aquests diferents minerals estan formats essencialment per tetràedres (SiO_4^-) de sílice (Masson, 1981), llevat de l'òpal, que és una varietat amorfa. Els minerals de la sílice constitueixen un grup dins dels tectosilicats que no van despertar gran interès fins a la dècada dels anys 70. En aquell moment, en el marc del projecte nord-americà *Deep Sea Drilling Project* (Davies i Supko, 1972; Greenwood, 1973) aparegueren quantitats significatives de dipòsits silicis en els sondejos dels fons oceànics.

Les principals formes minerals de la sílice apareixen caracteritzades òpticament i cristal·logràficament en la taula següent:

Principals característiques òptiques i cristal·logràfiques dels minerals de les roques silícies (Masson, 1979, modificat per Terrades, 1995)

Mineral	**Signe òptic**	**Sistema cristal·lí**	**Signe d'elongació**	**DRX**
Quars α	Uniàxic positiu	Romboèdric o hexagonal	+	Quars
Calcedonita	Biàxic positiu	Hexagonal	-	Quars
Quarsina	Biàxic positiu	Hexagonal	+	Quars
Lutecita	Biàxic positiu	Hexagonal	+	Quars
Cristobalita	Uniàxic negatiu	Cúbic o hexagonal	-	Cristobalita
Tridimita	Biàxic positiu	Ortoròmbic o hexagonal		Tridimita
Òpal A		Amorf		Grau variable d'organització cristal·lina

Entre els minerals de la sílice podem diferenciar, d'una banda, el quars alfa (α) i les seves varietats fibroses (calcedonita, quarsina i lutecita). D'una altra banda, tenim els minerals anomenats opalins (òpal A, cristobalita i tridimita), que corresponen a sílice hidratada.

— *El quars alfa (α).* És el mineral més estudiat en tot tipus de roques. En les roques sedimentàries silícies presenta diferents textures. Seguint els treballs de M.A. Bustillo (1976, 1983) podem diferenciar tres grups de textures del quars (α): fibroses, granulars i criptocristal·lines.

- *Les textures fibroses.* L'element comú a totes les textures fibroses és que estan formades per associacions de fibres, que alhora, es troben constituïdes per diminuts cristalls de quars, que no són individualitzables mitjançant la utilització del micros-

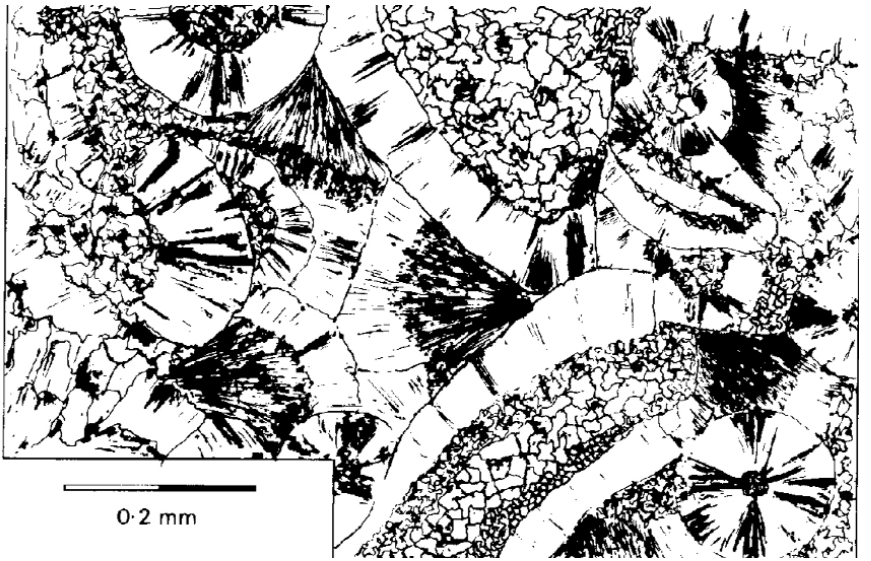

FIGURA 39. *Textures fibroses d'aspecte esferulític i botroïdal (Greensmith, 1981).*

copi petrogràfic (Bustillo, 1976). Les fases fibroses solen estar presents en la pràctica totalitat de les roques silícies, tot i que apareixen sovint com un constituent minoritari (Tarriño, 1998). Les textures fibroses del quars poden irradiar a partir d'un punt central, o nucli, en una circumferència de 360º, i adoptar l'aspecte anomenat esferulític. O bé poden créixer al voltant d'una direcció determinada, formant petits ventalls, com succeeix en el cas de revestiment de cavitats i fractures; aquestes formes en ventall reben el nom de botroïdals (figura 39).

En funció del seu signe d'elongació, les textures fibroses es classifiquen en calcedònia d'elongació negativa, o calcedonita, i en calcedònia d'elongació positiva; en aquest cas pot tractar-se bé de quarsina, bé de lutecita. L'elongació de les fibres és un aspecte observable amb el microscopi polaritzant, que alhora les caracteritza i ens aporta informació important, per exemple, sobre l'ambient de formació de la textura fibrosa en qüestió. Si la textura correspon a un esferulit de calcedonita, podem obser-

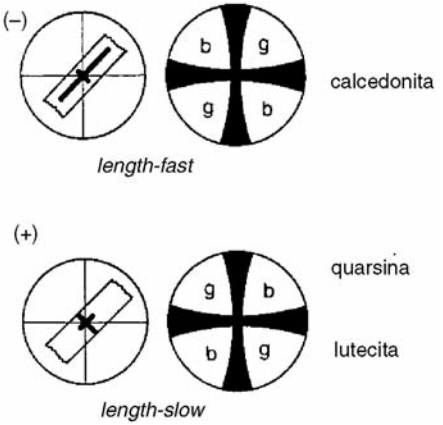

FIGURA 40. *Reconeixement al microscòpi de l'elongació de les textures mitjançant l'observació del color d'interferència (Rosell* et al.*, 1996).*

var en el primer quadrant un color d'interferència groc, mentre que en el segon quadrant ens apareixerà un color d'interferència blau. De manera contrària, si ens trobem davant d'una variant d'elongació positiva, ja sigui quarsina o bé lutecita, observarem en el primer quadrant del color d'interferència una tonalitat blavosa i, en canvi, en el segon quadrant, una tonalitat groguenca (figura 40).

La calcedonita, o calcedònia d'elongació negativa, és la varietat de calcedònia més freqüent, és una textura fibrosa que s'origina, típicament, en les substitucions en ambients sedimentaris carbonatats, tot i que molt rarament pot aparèixer en ambients de substitució sulfatats (figura 41).

La calcedònia d'elongació positiva presenta dues variants: la quarsina i la lutecita. Es tracta de varietats poc freqüents, que solen associar-se típicament amb evaporites, o bé amb litofàcies que han reemplaçat un precursor evaporític (figura 42).

- Les textures granulars del quars són les textures formades per quars amb les propietats òptiques normals. Estan formades per mosaics de cristalls, en els quals els límits de cadascun solen resultar visibles, i es poden aïllar d'aquesta manera l'un de l'altre (figura 43). La mida d'aquests cristalls pot ser variable i,

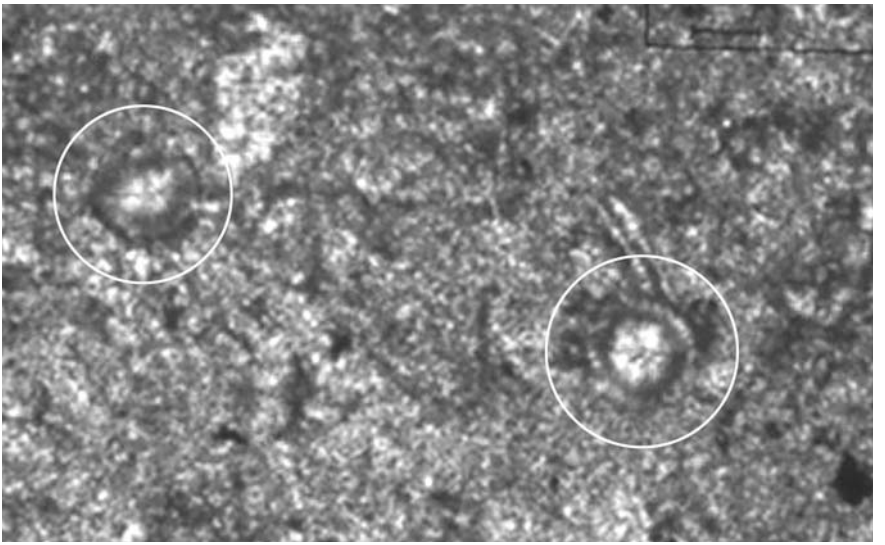

FIGURA 41. *Aspecte microscòpic (nícols creuats i compensador) de calcedònia* lengthfast. *Sílex del Turonià superior de la zona de Grand Pressigny (Indre et Loire, França).*

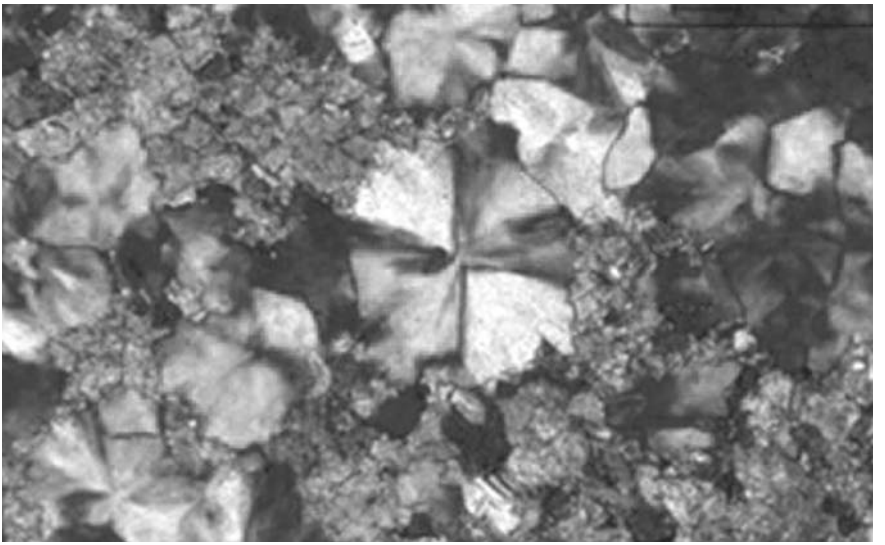

FIGURA 42. *Aspecte microscòpic (nícols creuats i compensador) de calcedònia* lengthslow. *Sílex del Terciari continental de la conca del Tajo.*

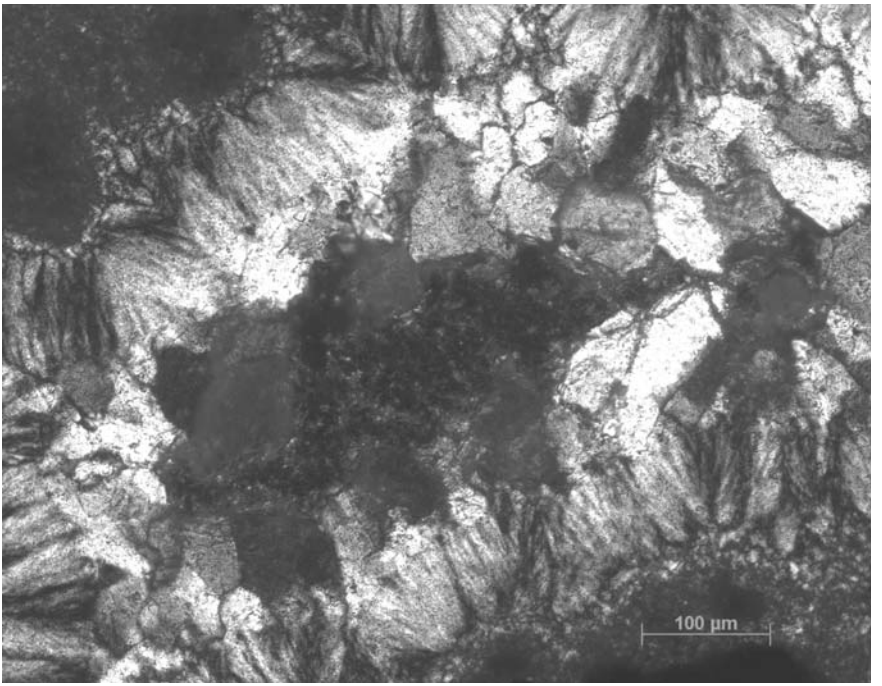

FIGURA 43. *Aspecte microscòpic de mosaics de macroquars i quars fibrós en una mostra arqueològica del jaciment de Les Maitreaux (Indre et Loire, França).*

precisament en funció d'aquesta, podem establir tres tipus principals de mosaics.

Megaquars o quars megacristal·lí (>35 µm). Cristalls de quars que poden assolir els 500 µm o més. Presenten extinció uniforme i sovint morfologies i terminacions cristal·lines ben formades.

Mesoquars o quars mesocristal·lí (<35 µm >20 µm).

Microquars o quars microcristal·lí (<20 µm). És la textura dominant en les roques sedimentàries silícies (Tarriño, 1998). Està format per cristalls de quars equidimensionals.

- Les textures criptocristal·lines del quars, o quars criptocristal·lí (< 5 µm). Aquest terme fa referència a les trames silícies cristal·lines que, per la petita mida dels cristalls que les integren, no permeten identificar cap de les textures descrites fins ara.

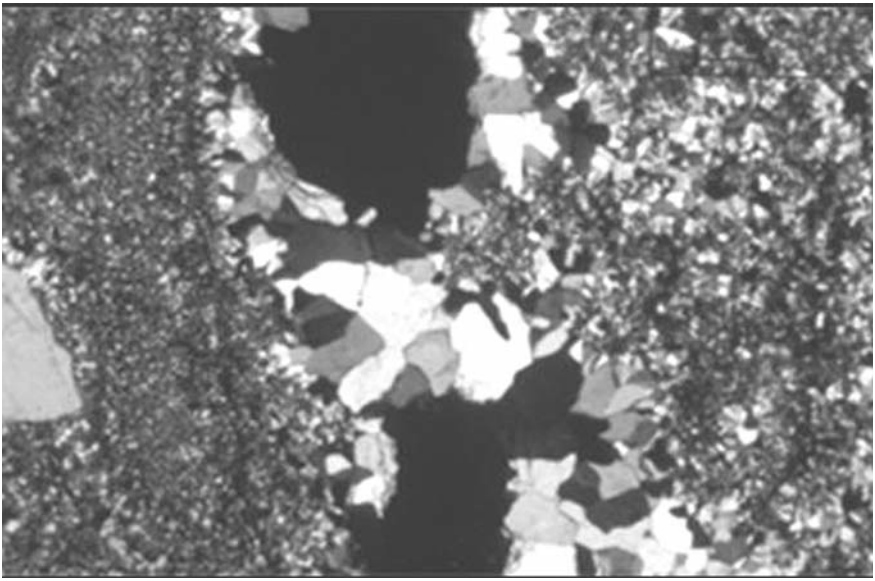

FIGURA 44. *Mosaic* blocky *de megaquars com ciment de 1a generació en el rebliment de porositat i textura criptocristal·lina. Sílex hettangià de l'aflorament de Quintela de Lapas (Portugal).*

Sovint són cristalls anèdrics, sense morfologies cristal·lines ben formades, impossibles d'individualitzar, ja que es troben fortament imbricats els uns amb els altres (figura 44). Aquestes textures es mostren incolores amb llum paral·lela, com succeeix amb totes les textures silícies i, amb nícols creuats, presenten sovint una extinció ondulant amb una birefringència dèbil.

— Els minerals opalins. L'òpal (SiO_2. nH_2O) no es considera un polimorf de la sílice pròpiament dit, ja que, en ser essencialment amorf, escapa a la definició de mineral *sensu stricto*, per aquest motiu sol definir-se com a mineraloide (Tarriño, 1998). És una varietat amorfa hidratada que conté entre un 3 i un 9 % del seu pes en aigua. L'òpal presenta una estructura molt oberta, és a dir, que emmagatzema gran proporció d'aigua. La sílice opalina és una varietat metastable[5] de la sílice que, amb el temps (procés de maduració), passa a

5. Inestable.

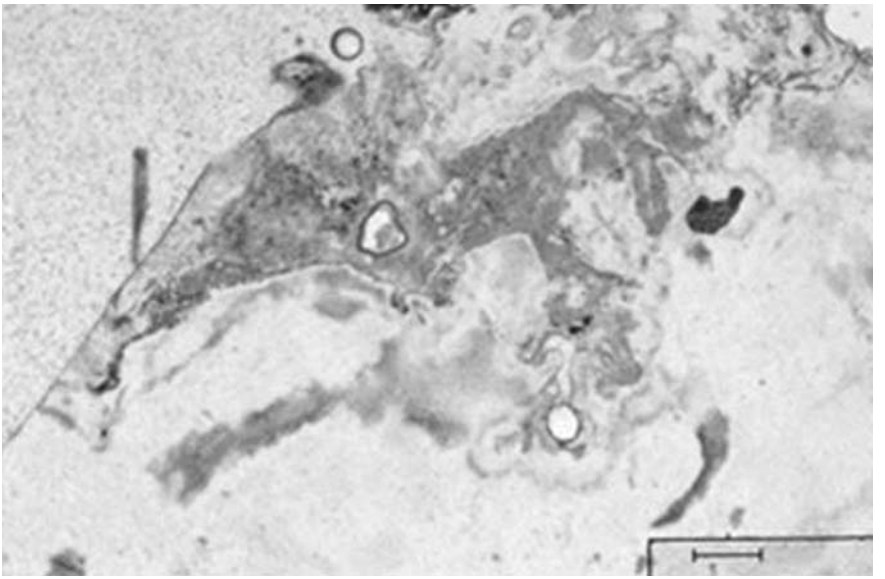

FIGURA 45. *Aspecte de l'òpal al microscopi. Sílex del Pliocè de l'aflorament de Casal Verde (Portugal).*

quars o calcedònia, en funció de diversos paràmetres com el temps i la temperatura, la composició química de les aigües intersticials, el pH i la permeabilitat de l'ambient sedimentari, així com la pressió i els moviments tectònics a què els sediments se sotmeten.

Les textures opalines apareixen amorfes al microscopi petrogràfic; tot i això, la seva identificació en làmina prima és possible (figura 45). Tradicionalment, es defineix per un color marró-groguenc, amb un marcat relleu negatiu, i presentar-se isòtrop amb nícols creuats. La seva identificació precisa requereix, però, la utilització del MEB[6] (Aubry, 1975).

Els estudis duts a terme mitjançant difracció de raigs X (DRX) han posat de manifest que l'òpal sí que presenta una dèbil ordenació estructural. Aquesta ordenació augmenta a mesura que avança el procés diagenètic d'envelliment o maduració. Els treballs de Jones i Segnit (1971)

6. Microscopi Electrònic d'Escombratge.

han permès diferenciar dues categories d'òpal. Per una banda, l'òpal A, totalment amorf (no cristal·lí), d'origen biogènic (radiolaris, diatomees, espícules de siliciesponges, fitòlits), i els òpals C-T (Cristobalita-Tridimita) i C (Cristobalita), que són òpals criptocristal·lins.

4.4 La micropaleontologia: una introducció

Segons el diccionari (IEC, 1997), un microfòssil és un fòssil de mida petita, i que de manera comuna no pot estudiar-se a simple vista, essent necessari un cert augment (lupa/microscopi). Com veiem, els microfòssils constitueixen, doncs, un subgrup arbitrari, basat en la mida dels seus components.

L'estudi dels microfòssils es realitza des de la disciplina coneguda com micropaleontologia, tot i que hi ha una certa tendència a restringir aquest terme a l'estudi dels microfòssils de paret mineral (foraminífers, ostracodes, etc.) i a utilitzar el de palinologia per a l'estudi dels microfòssils de paret orgànica (com els dinoflagelats o els acritarcs). Si bé les tècniques de preparació són completament diferents, aquesta separació és totalment arbitrària.

La micropaleontologia com a tècnica de caracterització de les fonts d'aprovisionament de roques sedimentàries silícies és relativament econòmica, efectiva i fiable. El desenvolupament d'aquesta tècnica no requereix la mateixa despesa econòmica que la que es genera mitjançant la utilització d'equips instrumentals altament especialitzats, com succeeix amb les tècniques geoquímiques avançades que veurem posteriorment.

4.4.1 La micropaleontologia del sílex

El sílex, com la majoria de les roques sedimentàries, pot contenir microfòssils. Aquests poden estudiar-se tant en làmina prima (Valensi, 1955, 1957; Deflandre, 1936, 1966; Masson, 1979, 1981, 1987; Brooks, 1989), com a través de la seva recuperació mitjançant altres tècniques, com poden ser les de la palinologia (Brasier, 1980; Mauger, 1984; Wrenn i Heinrich, 1996; Brooks i Dorning, 1997).

Els microfòssils conservats en el sílex podem classificar-los en dues grans categories. Per una banda, aquells que en origen són de composi-

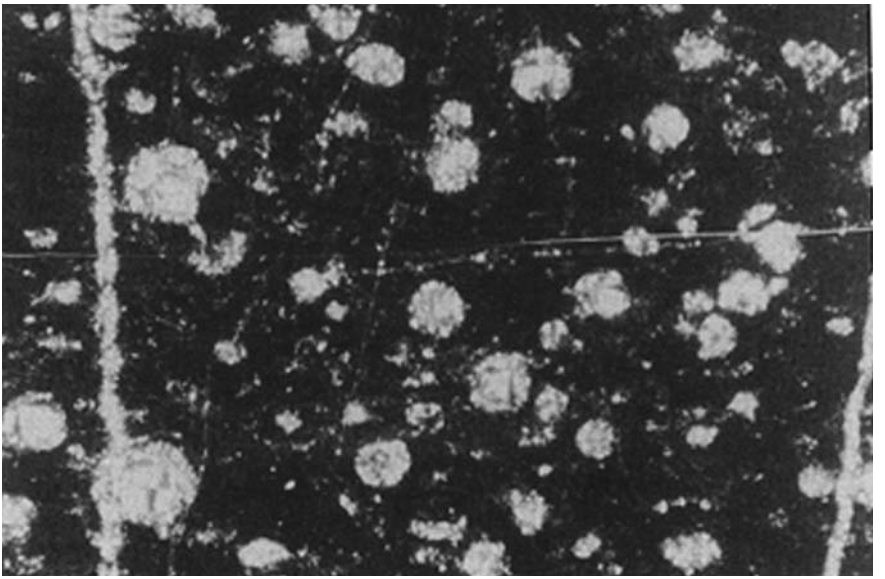

FIGURA 46. *Radiolarita dels conglomerats de l'Eocè mitjà i superior (Terradas, 1995).*

ció mineral, ja siguin de naturalesa carbonatada (foraminífers, equinoderms, briozous, etc.), ja siguin de composició silícia (radiolaris, diatomees, etc.). Aquests es recuperen en un estat de conservació variable que pot anar des d'inalterats a completament epigenitzats (Deflandre, 1934). Per una altra banda, hi ha la possibilitat de documentar una altra mena de microfòssils, els que s'han conservat en estat de matèria orgànica (dinoflagelats, per exemple).

Ambdues categories de microfòssils (de composició mineral o de matèria orgànica) poden aparèixer en un estat de preservació òptima o fragmentats. El seu estat de conservació/preservació dependrà de diversos factors, entre els quals cal assenyalar la pròpia naturalesa química del fòssil, o les condicions de la diagènesi:

— Els fòssils silicis, en especial els radiolaris, solen aparèixer fortament alterats, com ja hem esmentat en fer referència a l'observació macroscòpica (figura 46). En el cas de les espiculites, en canvi, sovint és possible observar l'estructura del seu canal central i esta-

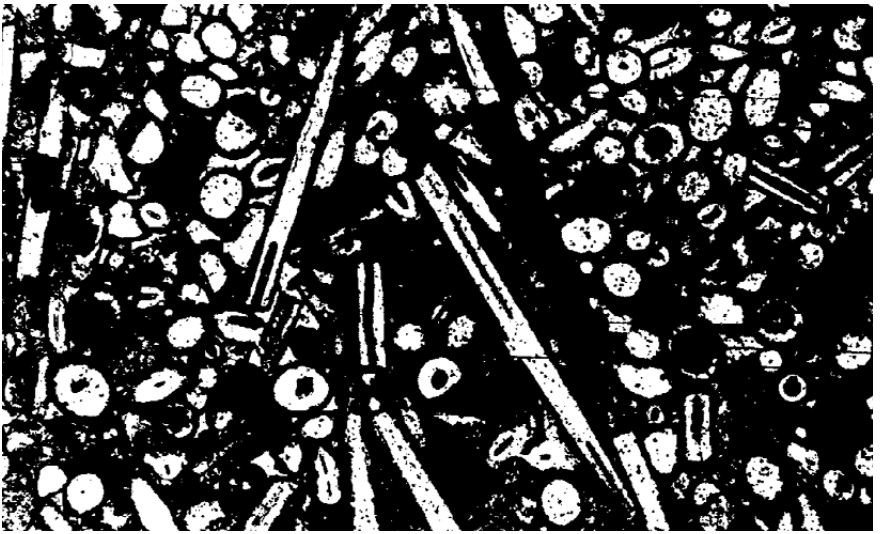

FIGURA 47. *Espícules d'esponja i radiolaris (Cayeux, 1929).*

blir-ne una certa classificació en funció de la seva morfologia (figura 47).

— Els fòssils carbonatats són relativament freqüents en determinades textures de les roques silícies, com a elements relictes. Segons Masson (1979, 1981) poden presentar dos tipus diferents d'estat de conservació:

Molt alterats. La identificació romandrà a nivell de la família.
Ben conservats. La identificació assolirà el gènere i, en casos excepcionals, l'espècie.

Finalment, els fòssils poden aparèixer en el còrtex, ja sigui en forma de motlles interns silicificats, o bé conservant encara la seva mineralogia carbonatada (figura 48). En aquests casos gairebé sempre és possible dur a terme la seva recuperació per a identificar-los. Això succeeix habitualment amb: ostracodes, briozous, girogonites, tiges d'algues carofícies i gasteròpodes. Masson (1979) ja va assenyalar la implicació pràctica que aquest fet tenia. Calia evitar un rentat del còrtex vigorós, o amb un raspall, per no perdre aquests «tresors paleontològics inestimables».

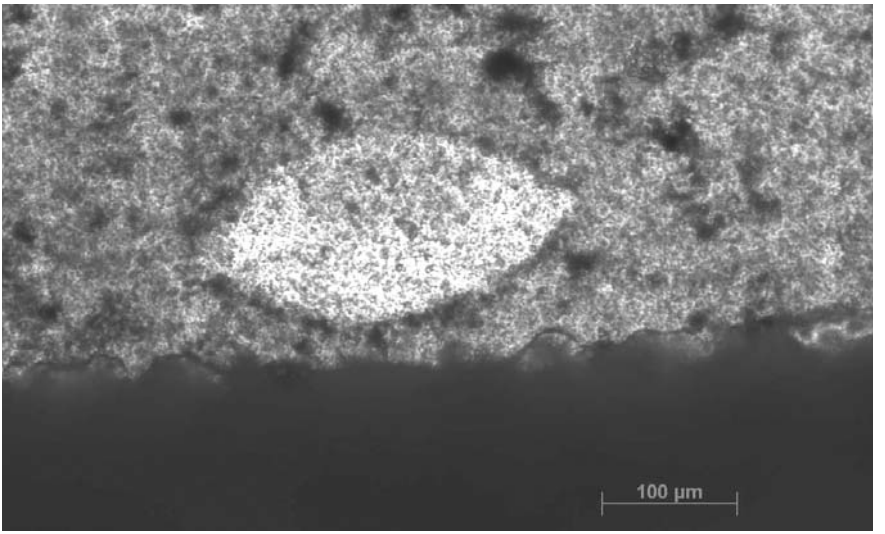

FIGURA 48. *Secció d'ostracode en el còrtex. Sílex marí d'origen desconegut del jaciment de Les Maitreux (Indre et Loire, França).*

L'estudi del contingut micropaleontològic del sílex es troba en l'origen mateix de la disciplina micropaleontològica. Les notícies més antigues (primer terç del segle XIX) sobre el reconeixement de microfòssils en el sílex es deuen a Ehrenberg. L'any 1854, el mateix Ehrenberg publicà els resultats de les seves investigacions sobre el contingut fòssil dels *cherts*[7] juràssics de Silèsia. El seu interès era caracteritzar el que per aquella època es denominaven les «curiositats» atrapades en el *chert*. Hem de pensar que a mitjan segle XIX l'interès per l'estudi d'aquestes «curiositats en el sílex» era molt gran, ja que encara no s'havien descobert les tècniques d'atac químic que permeten avui dia la dissolució de les roques,[8] i només aquelles roques translúcides, com determinats tipus de sílex, permetien l'observació amb el microscopi o la lupa.

L'eclosió de l'estudi dels microfòssils se situa en l'any 1933, amb la publicació de la tesi doctoral d'O. Wetzel. El seu estudi dels *cherts* del

7. *Chert* és el terme anglès comunament emprat com a sinònim de sílex.
8. Els mètodes d'extracció química del contingut micropaleontològic no es desenvoluparan fins a l'inici de la dècada dels anys 30 del segle XX.

Cretaci superior del nord d'Alemanya, Dinamarca i Suècia es basà en l'observació d'ascles ben primes de sílex i, al final del mateix, va adoptar la tècnica de les làmines primes. La seva tasca es perllongà fins al 1967, moment en que havia arribat a analitzar més de 15.000 ascles i al voltant de 100 làmines primes. En les seves darreres publicacions Wetzel afirmava que era possible distingir entre grups de sílexs a partir de l'examen d'un ampli conjunt de tipus de fòssils.

D'altres treballs de classificació micropaleontològica foren desenvolupats per investigadors com M. Lejeune-Carpentier (dècades dels 30, 40 y 50) a Bèlgica, i G. Deflandre (anys 30 i 40) a la conca de París.

El desenvolupament de les tècniques químiques d'extracció dels microfòssils va permetre el desplaçament dels estudis micropaleontològics cap a sediments i altres tipus de roques més viables, des d'un punt de vista econòmic. Malgrat aquest fet, l'estudi del sílex continuà vigent, com proven els treballs de R. de Witt, sobre la seqüència tipus del Maestrichtià, que suggeriren la possibilitat de diferenciar entre tipus de sílex a partir, exclusivament, del seu contingut en dinoflagelats.

L'atac químic del sílex ha comportat també una avantatge, ja que ha permès la recuperació d'un major nombre de microfòssils en relació amb les tècniques d'estudi anteriors; a més, permet una millor conservació dels elements estudiats i la creació de col·leccions de referència.

L'interès per a l'arqueologia dels microfòssils de paret orgànica, com a element important per a l'establiment d'àrees d'aprovisionament de matèries primeres silícies, es desvetllà de manera tardana. Aquest fet fou degut en part a la manca d'accés a les publicacions sobre els diferents tipus de fòssils amb anterioritat a la dècada de 1950. Els primers estudis que utilitzen la micropaleontologia del sílex en la recerca arqueològica són obra de Valensi (1955), en estudiar la caracterització dels materials lítics del jaciment magdalenià de Saint Amand (Cher). Aquest primer treball fou seguit d'un altre (1957) consagrat a l'estudi del sílex de «Grand Pressigny» i, el 1960, per un tercer consagrat a l'estudi de les fonts d'aprovisionament dels sílex recuperats en els nivells protomagdalenians de l'Abri Pataud (Dordonya), per als quals va poder establir tres orígens geològics diferents.

Aquesta primera etapa de relació amb l'arqueologia, desenvolupada a través de geòlegs/micropaleontòlegs, conclou amb els treballs de

G. Deflandre, en estudiar els materials lítics del jaciment magdalenià de Pincevent (1966). La caracterització a partir de l'observació dels fils translúcids de les peces va permetre a aquest investigador l'establiment de dues fonts d'origen local per als materials.

En la dècada dels 80, la micropaleontologia fou reintroduïda com a tècnica analítica de caracterització de fonts de matèria primera silícia per part dels mateixos arqueòlegs (Cremaschi, 1981). Des de 1981 diversos investigadors francesos adoptaren la micropaleontologia com a part d'un ampli estudi de les fonts de recursos lítics basat en característiques petrogràfiques (Masson, 1981; Torti Zannoli, 1983; Mauger, 1984). Les tècniques d'estudi d'aquests investigadors varien; tot i això, la majoria utilitza làmines primes per a l'estudi del contingut en fòssils i l'estructura cristal·lina de les mostres. L'única excepció fou M. Mauger, que va dissoldre les mostres en àcid fluorhídric, i per tant, se centrà en els microfòssils de paret orgànica.

Volem assenyalar que en el camp de la micropaleontologia és l'estudi de les diferents associacions de restes micropaleontològiques el que ens pot ajudar en la determinació del medi sedimentari original del dipòsit en què s'originà el sílex, és a dir, en comptades ocasions és possible determinar l'origen probable d'una mostra per la presència d'un tipus de fòssil en particular; per exemple, en els treballs del britànic I. Brooks (1988, 1989) sobre les calcàries amb sílex del Linconshire, només la presència de *Odontochitina castata* va permetre precisar un origen geològic determinat.

No creiem oportú, donades les característiques d'aquest treball, iniciar aquí una descripció detallada dels diferents tipus de microfòssils ni de les seves característiques ecològiques o implicacions estratigràfiques, ja que això ens duria a fer un tractat sobre micropaleontologia que no és ni de bon tros el nostre objectiu, ni el nostre camp de coneixement. Per a una introducció general, més que correcta, en aquest tema, adrecem al lector interessat a l'obra del professor Gerard Bignot (1982).

La tècnica micropaleontològica presenta, però, les seves limitacions. La identificació precisa ha de realitzar-la un especialista, i tot i això, els resultats potser no siguin tan satisfactoris com esperàvem, ja que hi ha nombroses espècies de microfòssils que apareixen representades al llarg d'àmplies seqüències geològiques, o en diferents nivells d'una mateixa

etapa. Finalment, cal recordar també que hi ha encara nombrosos microfòssils que no presenten una posició sistemàtica clara.

4.5. Aportacions de la petrografia i la micropaleontologia a la caracterització dels materials lítics arqueològics

Les aportacions més significatives de la petrografia i la micropaleontologia a la caracterització dels materials lítics arqueològics i de les seves àrees d'aprovisionament se centren en dos camps:

— La possibilitat d'identificar l'ambient de sedimentació en el qual el sílex s'originà. D'aquesta manera podem establir ambients sedimentaris diferents (marins, lacustres, continentals) i, fins i tot, incompatibles els uns amb els altres, la qual cosa ens pot estar indicant la presència de diferents àrees font d'aprovisionament dels recursos lítics per a materials provinents d'un mateix jaciment arqueològic.
— L'eventual conservació d'estructures del sediment reemplaçat en la textura silícia, analitzada en una làmina prima, és un altre element que ens orienta en la mateixa direcció, i que pot ser molt interessant a l'hora d'explicar-nos els processos diagenètics, tant de formació com de substitució i alteració, que poden haver patit els materials arqueològics i els seus corresponents geològics.

Com ja hem esmentat al començament d'aquest treball, no hi ha una tècnica analítica única i infal·lible per a dur a terme la correlació entre els materials lítics dels jaciments arqueològics i els contextos geològics en els quals aquests materials apareixen. Malgrat aquest fet, la petrografia i la micropaleontologia esdevenen tècniques importants, ja que ens poden ajudar a guiar les nostres prospeccions sobre el territori i, alhora, ens poden permetre la determinació de l'origen de certs tipus de sílexs en pisos geològics concrets (Masson, 1981; Ramos Millán, 1986; Doce, 1988; Aubry, 1991; Terradas, 1995).

Malgrat llur interès indubtable, aquestes tècniques presenten també alguns inconvenients que cal conèixer, abans d'adoptar-les com a mecanisme per a l'estudi dels materials d'un jaciment arqueològic.

El principal problema que hem de tenir en compte en tractar amb restes de naturalesa arqueològica és, com ja hem esmentat, que ens trobem davant de tècniques destructives d'anàlisis de les mostres, almenys de manera parcial, ja que és menester «sacrificar» part de la mostra tant per a l'obtenció de les làmines primes, com de la quantitat de material a dissoldre per atac àcid. A més, l'àcid fluorhídric, emprat per a la dissolució del sílex, dissol tant la sílice com els carbonats, per aquest motiu l'estudi de les palinofàcies només pren en consideració determinat tipus de restes fòssils (els fòssils de paret orgànica).

Aquest problema de destrucció del material pot solucionar-se en part mitjançant una selecció prèvia de les mostres a analitzar, que tingui en compte la seva mida, així com de quin tipus d'evidència arqueològica es tracta (utillatge, suport o resta de talla). De la mateixa manera, hem de valorar la informació que ens pot proporcionar la seva destrucció. Per exemple, la caracterització de les palinofàcies sol dur-se a terme sobre sílexs de colors foscos, en els quals la presència de matèria orgànica sembla estar assegurada pel color de les pròpies mostres generalment la quantitat de matèria orgànica conservada en mostres de tonalitats clares s'ha demostrat francament escassa.

Un altre element que pot minimitzar els efectes negatius de la destrucció del material, pensem especialment en peces arqueològiques d'interès elevat (peces musealitzables o de matèries primeres «exòtiques»), és la utilització de microperforadors de corona de diamant per a l'obtenció d'un cartutx de roca. La utilització d'aquest sistema, emprat de manera més generalitzada per a l'anàlisi petrogràfica de destrals polides en roques dures, implica un deteriorament mínim o, si més no, «restaurable» de les peces (Ricq de Bouard, 1987; Orozco, 1990).

Malgrat aquests problemes, l'inconvenient principal de les tècniques de caracterització descrites fins ara radica en una característica intrínseca del mateix sílex, que no és altra que la aleatorietat de la seva pròpia composició.[9] L'estudi petrogràfic i micropaleontològic de làmines primes,

9. Recordem que la variabilitat extrema del sílex pot afectar totes les escales (nòdul, aflorament, formació geològica) i tots els caràcters constitutius (color, mineralogia, restes micropaleontològiques, ordenació estructural i composició química).

així com la caracterització de les palinofàcies, ha estat definit pels mateixos investigadors que utilitzen aquestes tècniques com a aleatòries. Això significa que les diferents formes mineralògiques de la sílice (quars, calcedònia i òpal), així com la resta d'elements constitutius del sílex, poden distribuir-se uniformement, o de manera irregular, en la massa silícia.

— La uniformitat de la composició cristal·logràfica pot complicar en gran mesura la determinació de les fonts d'origen; és a dir, davant de sílex de composició molt homogènia difícilment podrem dir res. D'altra banda, cal recordar també que podem documentar un ampli ventall de situacions pel que respecta al contingut micropaleontològic, des de silicificacions que podem definir com azoiques, és a dir, sense contingut micropaleontològic, fins a certs tipus de sílexs molt rics en restes fòssils. A més, la distribució d'aquestes restes fòssils pot ser objecte també de variacions; per exemple, Masson (1981) ja va observar que les zones subcorticals del sílex de la creta presenten una major densitat d'espícules d'esponges que no pas la pròpia massa silícia. Per si encara la cosa no fos prou complicada, l'estat de preservació i conservació d'aquest contingut micropaleontològic pot arribar a ser un problema sense solució (Doce, 1988; Grégoire, 2000).
— La similitud dels dominis de sedimentació que s'observa sobre una gran superfície en una mateixa època, és a dir, dins d'una mateixa regió, resulta també un fet problemàtic, ja que aquesta similitud pot provocar l'homogeneïtat a nivell petrogràfic de les roques silícies (Doce, 1988; Aubry, 1991). Els treballs duts a terme en aquesta mena de regions, com per exemple, la depressió d'Ulledmolins (Priorat) han posat de manifest la dificultat a l'hora d'intentar determinar mitjançant tècniques d'anàlisis microscòpiques les fonts d'origen. Aquest tipus de problema no sembla tenir una solució real, ja que les anàlisis de composició química no han presentat variacions característiques (Doce, 1988).

Com a conclusió hauríem d'assenyalar que les informacions més interessants que poden aportar les anàlisis petrogràfiques i micropaleontològiques sobre làmines primes, així com la caracterització de les

palinofàcies, a l'estudi de determinació de les àrees d'aprovisionament de matèries primeres silícies, són:

— L'ambient de sedimentació original.
— L'eventual conservació de textures i d'estructures del sediment reemplaçat.
— El registre de processos diagenètics de substitució o alteració.

Malgrat els problemes que acabem d'esmentar en els paràgrafs precedents, les anàlisis petrogràfiques i micropaleontològiques són molt importants, puix que ens ajuden a guiar la prospecció sobre el medi i ens permeten establir l'origen de determinats sílexs.

Les tècniques analítiques descrites fins ara són al nostre parer bàsiques per a dur a bon port un estudi de caracterització de les àrees d'aprovisionament de materials silicis. Malgrat tractar-se de tècniques destructives, presenten un escàs cost econòmic i ens proporcionen gran quantitat d'informació, de gran valor, per a assolir els nostres objectius.

En l'actualitat els estudis petrogràfics de materials prehistòrics no constitueixen cap novetat en el desenvolupament científic de la nostra disciplina. Són abundants els estudis que s'han dut a terme en aquest camp en les darreres dècades. Potser resultaria excessivament llarg enumerar-los tots. Per aquest motiu, hem escollit alguns dels que considerem més interessants dels darrers anys en el nostre àmbit geogràfic i que poden despertar l'interès del lector.

En primer lloc cal esmentar l'aportació que va fer a escala peninsular el treball del Dr. X. Terradas (1995) sobre l'aprovisionament de materials lítics del jaciment de la Font del Ros a Berga, treball en el qual s'emprà la petrografia, juntament amb d'altres tècniques analítiques, per a la caracterització tant de les mostres del jaciment, com de mostres que provenien de l'entorn geològic proper al jaciment: sílex del Cretaci superior, Cuisià inferior i superior i Eocè mitjà i superior (Terrades, 1995).

La petrografia torna a aparèixer com a tècnica descriptiva d'anàlisi en els treballs de caracterització de les roques silícies dels nivells magdalenians i epipaleolítics de la Cova del Parco (Alòs de Balaguer) duts a terme per nosaltres mateixos (Mangado, 1997). Els materials analitzats procedien d'entorns sedimentaris i geogràfics diversos, que incloïen matèries primeres d'accessibilitat immediata (sílex del Garumnià) i

materials d'origen relativament allunyat del jaciment, puix que afloren a uns 40 km en línia recta del mateix (sílex del Sannoisià).

Amb posterioritat, l'ús de la petrografia com a element de caracterització s'ha aplicat en el marc dels diferents equips d'investigació de les universitats catalanes. D'aquesta manera hem d'assenyalar els treballs de J. Parcerissas (1999), de la UAB, sobre els materials silicis del paleolític mitjà de la Cova de l'Estret de Tragó (Tragó de Noguera), en què es documentà la presència de sílex Garumnià d'aprovisionament local, o els treballs de N. Morant (1998), de la URV, sobre els materials silicis del nivell I de l'Abric Romaní (Capellades), on es caracteritzà un aprovisionament de materials en posició secundària localitzables en un radi de 15 a 25 km de l'ocupació neandertaliana. Finalment, els treballs de D. Ortega (2000), de la UdG, sobre el NE de Catalunya posen de manifest la relació entre ambdues vessants del Pirineu des del Aurinyacià pel que respecta a l'aprovisionament de materials silicis de «qualitat».

De tots aquests treballs cal esmentar la qualitat, així com la joventut dels investigadors, fet que ens porta cap a una «normalització», des del punt de vista científic del desenvolupament dels estudis de caracterització de matèries primeres a casa nostra.

5. Tècniques de caracterització física i química

Com hem estat veient fins ara, davant de l'estudi d'una roca silícia ens podem plantejar diverses preguntes, entre les quals cal destacar les que fan referència al seu medi i mecanismes de formació. Poden les roques silícies per si mateixes, per les seves característiques texturals o estructurals, reflectir el tipus de roca o sediment que substitueixen o l'ambient en què es va produir aquesta substitució? Les tècniques que hem descrit fins ara són les que de manera general considerem bàsiques per a respondre aquestes qüestions. Juntament amb elles, hi ha altres tècniques analítiques que han estat emprades per diversos investigadors per a realitzar la caracterització de les roques silícies i, que, en ocasions s'han mostrat força útils per a la resolució dels nostres «problemes arqueològics».

En aquest apartat no és tampoc la nostra voluntat aprofundir en tots els mecanismes que intervenen en les caracteritzacions físiques i químiques dels materials, ja que pensem que és una tasca força feixuga i d'interès relatiu per al lector. Tot i això, intentarem donar una pinzellada bàsica d'algunes d'aquestes tècniques, així com d'alguns dels resultats que la seva aplicació ha generat en el camp de la arqueologia.

5.1. Les tècniques físiques de caracterització

La gamma de tècniques físiques utilitzables per a la determinació dels minerals és molt àmplia (Zussman, 1967). Les tècniques basades en les característiques físiques del sílex han estat utilitzades i considerades com un element més, en el conjunt dels treballs de caracterització d'a-

quest material. Així, l'estudi de la superfície específica, la mesoporositat i el volum dels pors són característiques físiques fortament relacionades amb l'estructura cristal·lina i l'hàbit de les fases silícies. Aquests paràmetres poden determinar aspectes de gran interès, des del punt de vista arqueològic, com són els processos d'alteració del sílex o les traces d'ús (Fort *et al.* 1997).

Les principals tècniques físiques emprades per a la caracterització del sílex han estat: la determinació de la densitat, ja que aquesta és una característica pròpia de cada substància cristal·lina, i l'absorció d'ones lluminoses. Aquestes tècniques s'han mostrat molt eficaces per a la determinació de les característiques de grups de sílex de fàcies convergents (Aubry, 1990, 1991; Fouéré, 1990). Ambdues presenten unes avantatges força importants:

— En primer lloc, es tracta de tècniques no destructives, la qual cosa permet obtenir dades sobre una gran quantitat de peces, sense haver de veure'ns limitats per la selecció de determinades categories; és a dir, podem analitzar tant els útils, com els suports o les restes de talla. Aquest fet és més important que no pot semblar en un principi, puix que les matèries primeres que tradicionalment definim com exògenes o «exòtiques» solen ser alienes a la pròpia regió d'aprovisionament lític i, per tant, han estat obtingudes a través de l'intercanvi amb d'altres comunitats humanes. A més, generalment es tracta d'útils. L'estudi d'aquest utillatge, segons mètodes destructius, comporta més d'un problema, ja que sovint la quantitat d'aquestes restes de procedència forana sol ser molt limitada i l'arqueòleg és contrari a la seva destrucció per a analitzar-les.
— En segon lloc, l'instrumental necessari per a dur a terme aquestes caracteritzacions físiques és simple, té un cost econòmic molt reduït, i no requereix de la intervenció de tècnics especialitzats per a la manipulació de les mostres.

5.1.1. La determinació de la densitat

La densitat és una propietat fonamental i característica d'una substància i, com a tal, és una propietat determinativa important.

La densitat es defineix com la relació entre la massa de qualsevol quantitat d'una substància i el seu volum, i s'expressa en gr/cm^3 (Zussman, 1967). S'han proposat diferents tècniques per a determinar la densitat d'un sòlid a diferents escales, però ja Bannister i Hey (1938, a Doce, 1988) indicaren que no hi havia cap tècnica universalment aplicable. L'elecció de la tècnica vindrà dictada per la naturalesa i la quantitat de material disponible, així com pel grau de precisió que busquem.

Les tècniques per desplaçament es basen en la ponderació directa del sòlid. El volum del sòlid es determina pel volum del líquid desplaçat, quan submergim el sòlid en el líquid. La tècnica més comunament emprada és la de la picnometria. Aquesta tècnica de determinació de la densitat es basa en el fet que el volum del sòlid s'obté per la ponderació del volum del líquid del picnòmetre desplaçat pel sòlid.

Hem de tenir en compte, però, que aquesta tècnica no està exempta de presentar un cert nombre de problemes. Precisament la immersió del sòlid en el líquid sol ser la font de la major part dels errors de mesura, per la possible adherència de petites bombolles d'aire a la superfície del sòlid. Per a aconseguir una màxima precisió és també essencial un control meticulós de la temperatura; a més, hem de procurar assegurar-nos que el material sigui homogeni i es trobi lliure d'inclusions (Zussman, 1967).

Totes les tècniques picnomètriques es basen en les ponderacions successives del picnòmetre buit, el picnòmetre més la mostra, el picnòmetre més la mostra i el líquid i, finalment, el picnòmetre amb el líquid, però sense la mostra.

Quan la quantitat de mostres sotmeses a aquesta tècnica és abundant, poden arribar a produir-se resultats ajustats. D'aquesta manera, per exemple, ha estat possible resoldre en alguns casos el problema de la convergència de fàcies silícies. Aquest problema, com ja hem esmentat anteriorment, introdueix errors d'atribució en part del material.

Els primers resultats d'un intent de diferenciació de fàcies convergents, basats en la caracterització per densitat, es deuen a P. Fouéré (1990). Aquest autor establí la diferenciació per densitat entre els sílexs turonians de «Douhet-Taillebourg» (Charente Maritime) i els del «Bergeraçois» (Dordonya). Ambdós tipus de sílex foren àmpliament utilitzats durant el Neolític de la conca aquitana. Els treballs duts a terme

per T. Aubry, sobre la procedència dels sílexs emprats durant el Solutrià i el Badegulià de la conca de la Creuse (Indre), han permès establir hipòtesis sobre la mobilitat dels grups humans i la seva relació amb el territori que explotaven. L'observació d'aquestes sèries arqueològiques mostra com les matèries primeres provenen de diversos estatges geològics, així com de sectors geogràfics ben diferenciats, fet que estableix l'existència de diversos territoris d'aprovisionament lític, vinculats probablement a activitats de caire anual.

Malgrat que aquesta tècnica està sotmesa a diferents fonts d'error (pèrdua de líquid per evaporació, variacions de temperatura…), ens mostra clarament la necessitat de desenvolupar tècniques de caracterització física, econòmiques i no destructives, especialment desitjables en el cas de tractar amb sílexs azoics, és a dir, aquells en els quals el contingut d'elements relictes, especialment de caire micropaleontològic, és gairebé inexistent i, per tant, difícilment podem esbrinar res sobre el seu medi de sedimentació o els processos diagenètics que l'han afectat.

5.1.2. La difracció de raigs X (DRX)

Una altra tècnica de caracterització física aplicada, de manera general, a l'estudi del sílex ha estat la difracció de raigs X (Terradas, 1995; Morant, 1998). Aquesta tècnica s'ha emprat també per a la caracterització dels jaspis del taller del Morrot de Montjuïc de Barcelona (Carbonell *et al.*, 1997). En aquest cas es tracta d'una tècnica destructiva, ja que requereix de la polvorització de la mostra, tot i que aquest problema pot reduir-se mitjançant la utilització de puncions selectives (Morant, 1998; Grégoire, 2000).

La DRX permet obtenir la caracterització de la mostra a partir de la seva estructura cristal·lina, basant-se en el fet que l'estructura cristal·lina reflecteix la constitució interna d'una substància determinada, ja que les propietats físiques i la forma dels cristalls de cada substància són conseqüència de la seva estructura (Terradas, 1995).

L'estudi de difracció se centra en dos aspectes: la mida dels cristalls i la seva orientació. Les anàlisis per DRX són, per una banda, qualitatives, mitjançant la comparació dels diagrames obtinguts amb d'altres patrons estàndard. Per una altra banda, són quantitatives, ja que per-

meten determinar la quantitat de les substàncies cristal·lines a partir de les mesures de les intensitats difractades.

Les anàlisis de DRX han permès, en alguns casos, la detecció de fases cristal·lines del quars pròpies d'ambients altament salins, com succeeix amb la moganita (Flörke *et al.*, 1976; Flörke *et al.*, 1984; Heaney i Post, 1992; Heaney, 1995). D'aquesta manera ha estat possible relacionar determinades mostres de contextos arqueològics amb medis sedimentaris de característiques hipersalines (Morant, 1998).

5.1.3. Índex de cristal·linitat

En el marc de la generalització de la tècnica física de la DRX cal destacar diversos tipus d'anàlisis. En aquest sentit, cal esmentar els estudis per DRX de l'índex de cristal·linitat (Bustillo i La Iglesia, 1979) i la seva aplicació arqueològica (Doce i Alcober, 1997).

La DRX de mostres de sílexs d'edats, textures i roques encaixants diferents (calcàries, dolomies o guixos) ha estat utilitzada per a la determinació de l'índex de cristal·linitat de les mostres. Aquest fet ha permès demostrar que els índexs de cristal·linitat depenen de la naturalesa de la roca afectada per la silicificació. Quan aquesta és de naturalesa calcària, els quarsos produïts tenen índexs de cristal·linitat més alts que quan l'encaixant és de naturalesa evaporítica. Aquesta constatació es pot explicar pel fet que els quarsos originats en ambients sedimentaris de guixos solen presentar un major nombre d'impureses que els originats en ambients calcaris. Aquesta tècnica pot, doncs, servir per a determinar els ambients de substitució (Bustillo i La Iglesia, 1979).

La comparació dels índexs de cristal·linitat ha estat utilitzada com a tècnica arqueopetrològica, amb l'objectiu de determinar les àrees font d'aprovisionament dels grups humans prehistòrics assentats en la vall del riu Montsant (Priorat) (Doce i Alcober, 1997). Aquests autors dugueren a terme la comparació dels índexs de cristal·linitat i del volum de cel·la, entre mostres que provenien del complex evaporític d'Ulldemolins i mostres de la formació de calcàries de Montblanc.

Els resultats obtinguts per a les mostres del «Complex Ulldemolins» són similars als valors trobats per Bustillo i La Iglesia, és a dir, (<1,6) per al quars dels sílexs d'ambient evaporític. En canvi, les mostres analitza-

des de les calcàries microcristal·lines de la «Formació Montblanc» presentaren uns valors lleugerament inferiors als obtinguts per les mostres del «Complex Ulldemolins». Aquesta aparent contradicció pot explicar-se, però, per no percebre's en el treball de camp que aquests nivells carbonatats presentaven recristal·litzacions d'antics cristalls de guix, epigenitzats en calcita, la qual cosa suggereix que l'ambient sedimentari original va patir també episodis evaporítics.

L'any 1979, quan publicaren Bustillo i La Iglesia, hi havia ben pocs estudis específics sobre la variació de la cristal·linitat observada per DRX, en funció de les diferents impureses químiques. Posteriorment, s'ha dut a terme una gran quantitat d'estudis, entre els quals el de Doce i Alcober (1997), que arribaren a la conclusió que la cristal·linitat disminueix amb l'increment de la cel·la. Tot i això, la variació de la cristal·linitat del quars no és funció lineal de la concentració d'impureses de la xarxa cristal·lina. Així doncs, relacionar les intensitats dels efectes de difracció amb cristal·linitats pot conduir a grans errors, si no es tenen en compte les diferents composicions químiques del quars (Bustillo i La Iglesia, 1979).

5.1.4. La porosimetria del mercuri

La darrera tècnica de caracterització física a què ens referirem en aquest apartat és la de la porosimetria, que en el cas de tractar-se de la del mercuri ha de considerar-se com una tècnica semidestructiva, ja que, si bé l'aspecte extern de la peça roman intacte, aquesta queda inhabilitada per a d'altres tècniques de caracterització posteriors.

La porosimetria és una tècnica utilitzada àmpliament en el camp de la caracterització dels materials destinats a la construcció, ja que és un paràmetre que ens indica la resistència del material. La porosimetria no és res més que la tècnica emprada per a calcular la porositat interna dels materials, que és una característica lligada a la densitat. Aquesta tècnica ens proporciona informació tant d'ordre quantitatiu (densitat) com d'ordre qualitatiu (tipus de porositat i distribució de la mateixa).

La injecció de mercuri al buit desplaça l'aigua que conté la porositat, amb la qual cosa els resultats obtinguts són reals, en el sentit que s'eliminen factors d'error com la possible evaporació d'aigua.

La seva aplicació en arqueologia és molt recent (Casas, 2000). Nosaltres només coneixem bibliogràficament la seva utilització en un cas, sobre els materials silicis del sepulcre neolític de la Bòbila d'en Joca (Barcelona). Aquesta tècnica mostrà l'homogeneïtat entre les tres mostres arqueològiques analitzades (tres nuclis), si bé la manca de comparació amb qualsevol altre material de referència geològica deixa, a hores d'ara, el valor d'aquesta tècnica en suspens.

5.2. Les tècniques químiques de caracterització

En les darreres dècades, l'accés a una àmplia varietat d'instrumental tècnic analític ha permès l'aparició de diverses tècniques d'anàlisi química del sílex.

Les tècniques de caracterització química ens informen de la composició química elemental dels materials analitzats. Tot i això, la caracterització de fonts d'aprovisionament de sílex no s'ha mostrat gens fàcil, tenint en compte els problemes inherents al mostreig, preparació de les mostres, escassetat de dades i d'analítiques. Segons McDonnell *et al.* (1997), cap tècnica de caracterització de fonts de sílex basada en anàlisis químiques posseeix en l'actualitat bases estadístiques suficientment fortes per a la seva aplicació en el camp arqueològic. Malgrat això, la diferenciació dels sílexs a partir de les seves característiques químiques ha estat emprada per una bona quantitat d'autors (Doce, 1988; McDonnell *et al.*, 1997; Consigny i Walter, 1997; Grégoire, 2000).

Abans de passar a descriure l'ampli ventall de possibilitats analítiques que ha comportat la introducció de les tècniques químiques en el camp de l'arqueopetrologia, pensem que és molt necessari fer-ne una valoració prèvia. El problema principal de la utilització d'aquestes tècniques es manifesta en la variabilitat extrema i multidimensional del sílex, que s'expressa també en les seves característiques químiques.

Les anàlisis químiques mostren valors en sílice compresos entre el 70 i el 99'9 % (Cressman, 1962 a Aubry, 1991; Luedtke, 1979; Petijohn, 1975; Trauth, 1978 a Aubry, 1991; Masson, 1979, 1981). Aquest problema de la variabilitat extrema del sílex presenta, segons Luedtke (1979 a Doce, 1988), una solució ben clara, augmentar la quantitat de mostres

a analitzar: «La quantitat de mostres per a caracteritzar una font pensem que ha de ser com a mínim de 10, però millor encara si n'analitzem 30, tot i que la font sigui relativament homogènia». Aquesta solució ens porta, però, un nou problema, el de l'elevat cost econòmic que algunes d'aquestes analítiques impliquen, ja que requereixen un instrumental i un personal tècnic especialitzat en la manipulació i, per si això fos poc, la gran majoria d'aquestes tècniques és destructiva, fet que genera un nou problema de consciència arqueològica quan tractem amb utillatges o peces «excepcionals».

Les anàlisis químiques presenten encara d'altres inconvenients:

Els canvis en la composició química que poden patir les mostres arqueològiques per fenòmens d'hidratació, lixiviació o altres alteracions postdeposicionals poden provocar errors, per exemple, en determinar com a no identificada una font de matèria primera d'una mostra arqueològica, quan de fet pot pertànyer a una de les fonts de matèria primera incloses en el nostre treball (Doce, 1988; Gregoire, 2000). Perquè les anàlisis químiques del sílex siguin útils, en el mostreig d'evidències arqueològiques hem d'assumir que la composició del sílex no té per què romandre inalterada. Processos d'exposició a l'aire lliure, el mateix contacte amb els sediments, o altres processos, poden afectar les anàlisis químiques (McDonnell *et al.*, 1997; Gregoire, 2000). Per tant, cal admetre aquesta variabilitat de les roques silícies en el marc conceptual/teòric de la nostra investigació, sinó podem comprometre seriosament el treball d'identificació i, d'aquesta manera, les conclusions a les quals arribem (Luedtke, 1978, 1979; Masson, 1979, 1981; Ramos Millán, 1986; Doce, 1988; Grégoire, 2000).

D'altra banda, podem augmentar el grau d'error per l'ús d'excessives variables en les anàlisis discriminants, que podrien fer-nos pensar que ens trobem davant de mostres d'origen desconegut, quan de fet pertanyen a alguna de les fonts de matèria primera incloses en el treball (Doce, 1988; Grégoire, 2000).

Un dels elements claus per no dur a terme les anàlisis geoquímiques de manera inconseqüent, en especial amb els materials recuperats de contextos arqueològics, és el seu elevat cost econòmic, motiu pel qual aquestes tècniques solen reservar-se per a verificacions de presumpcions d'origen establertes per d'altres tècniques menys costoses.

L'any 1987, el matrimoni Séronie-Vivien assenyalava que «a nivell de les investigacions arqueològiques, la metodologia geoquímica es trobava a les beceroles i encara era poc fiable». Han passat més de 10 anys, i el nombre de treballs especialitzats i reunions consagrades a l'estudi científic del sílex no ha parat d'augmentar; malgrat aquest fet, nosaltres pensem que la situació no ha variat gaire. Si bé alguns investigadors incideixen especialment contra tècniques com la macroscòpia, i en menor mesura contra altres caracteritzacions de tipus petrogràfic o micropaleontològic, no succeeix el mateix quan es valoren les aproximacions fetes des del camp de la química del sílex. Nosaltres pensem, i així ho hem estat manifestant tot al llarg d'aquest treball, que no hi ha tècnica infal·lible ni universalment aplicable. Totes les tècniques tenen els seus avantatges i inconvenients, i com a arqueòlegs, el nostre deure es valorar l'aplicació de cadascuna en funció de les preguntes que vulguem respondre.

Reprenent el tema que a hores d'ara ens ocupa, hem de dir que els elements químics que es poden determinar en una mostra se subdivideixen en tres categories, en funció de la seva presència:

— *Elements majors*. Són aquells que formen un 2 % o més de la mostra.
— *Elements menors*. Apareixen en proporcions entre el 0'1 i el 2 %, i són els següents: Al, Mg, Ca, Fe, Na, K, Ti.
— *Elements traça*. Són aquells que es presenten en proporcions inferiors al 0'1 %, i es mesuren normalment en ppm (parts per milió).

De tots ells solen ser els elements traça els escollits per a intentar determinar l'origen de la mostra analitzada. El problema que presenten és que són molt variables en el si d'una mateixa mostra (Luedtke, 1979; Trauth, 1978 a Aubry, 1991). La caracterització dels elements traça en sílexs de jaciments prehistòrics ha estat realitzada a partir, principalment, dels materials recuperats de les mines, i es basa en les variacions de composició química observades tant verticalment com horitzontal.

Les tècniques d'anàlisi emprades poden classificar-se d'acord amb la precisió amb què cadascuna determina la composició química de la mostra. La majoria de les tècniques que descriurem estan considerades com quantitatives, malgrat que totes elles poden oferir resultats de forma qualitativa.

Aquestes tècniques d'anàlisi d'elements químics es basen, d'una manera o d'una altra, en l'espectroscòpia. Dit d'una manera més profana, tot i que no més senzilla, mesuren la radiació emesa o absorbida pels àtoms d'un element quan qualsevol electró o neutró es belluga entre els diferents nivells d'energia. En estudiar l'energia implicada en aquests desplaçaments és possible deduir tant el tipus com el nombre d'àtoms involucrats i, per tant, determinar els elements presents en la mostra.

Podem dividir les tècniques d'anàlisi en tres grups, sobre la base de la font d'energia utilitzada per a excitar els electrons o les altres partícules que componen l'àtom.

— Formen el primer grup aquelles tècniques en què la font d'energia utilitzada és la llum. Es tracta de l'espectroscòpia d'emissió òptica (OES) i de l'espectroscòpia per absorció atòmica (AAS).
— El segon grup engloba aquelles tècniques que impliquen l'absorció o l'emissió de raigs X: són la fluorescència de raigs X (XRF), la microsonda electrònica, l'anàlisi per emissió de partícules —o protons— induïts per raigs X (PIXE).
— Constitueixen el tercer grup les anàlisis per activació neutrònica (NAA), i es caracteritza per l'ús de raigs τ, emesos pel nucli d'un àtom després d'haver estat bombardejat pels neutrons d'un reactor nuclear, per tal d'identificar els elements químics presents en la mostra

5.2.1. Espectroscòpia per emissió òptica (OES)

El primer espectroscopi data del 1817 i fou construït per l'alemany Frauenhofer; consistia en una ranura, un prisma i un teodolit, mitjançant el qual podia veure separadament llums de diferents colors. Amb aquest instrument va observar les línies espectrals de la llum solar. Posteriorment, Talbot, l'inventor de la fotografia, va emprar el seu invent per a registrar aquest espectre. El mateix Talbot ja assenyalava que la llum emesa per determinats elements, quan s'introduïen en un arc voltaic, responien a raigs de colors característics. Finalment, el 1861 Kirchoff i Bunsen van establir les bases de la tècnica espectroscòpica d'anàlisi. Aquests físics alemanys demostraren que l'espectre d'un element

consistia en un nombre de línies (raigs o llum amb diferents longituds d'ona) que li eren característics i, al mateix temps, independents de l'estat de la combinació química en què aquest element es trobés.

Així doncs, aquesta tècnica es basa en el registre de l'espectre òptic de les línies que s'emeten quan la mostra s'escalfa a altes temperatures, que se situen entre el 4000 i 5000 ºK. Es tracta d'una tècnica excel·lent sempre i quan el que es pretengui sigui obtenir un examen qualitatiu ràpid, o semiquantitatiu d'un grup de mostres. Tot i això, els inconvenients que presenta no són gens menyspreables.

La preparació de la mostra i la realització de la anàlisi és simple. Es tracta però d'una anàlisi destructiva ja que la mostra es polvoritza i es barreja amb pols de grafit. La sensibilitat de la tècnica és força bona, però la seva precisió i exactitud són febles, ja que les anàlisis de sílex realitzades amb aquesta tècnica (Sieveking *et al.*, 1970,1972) mostren que les línies de l'espectre del silici cobreixen les d'altres elements. A més, aquesta tècnica només permet la quantificació dels elements majors, i presenta un coeficient de variació força elevat (arriba al 20 %), respecte a la repetició de l'anàlisi sobre la mateixa mostra. Aquests inconvenients han dut a l'abandonament progressiu d'aquesta tècnica per una altra, l'espectroscòpia per absorció atòmica (AAS), que permet detectar els mateixos elements químics, però de manera molt més precisa, especialment si apareixen en grans concentracions.

5.2.2. Espectroscòpia per absorció atòmica (AAS)

Aquesta tècnica es basa en l'absorció per part dels àtoms presents en la mostra de la llum emesa per una làmpada catòdica. Es tracta també d'una tècnica destructiva, que requereix entre 10 mg i 1 g de mostra, en funció de la quantitat d'elements que vulguem estudiar. Per a determinar els elements traça, caldrà una major quantitat de mostra.

La mostra dissolta i polvoritzada s'escalfa mitjançant una flama especial. Aquesta flama s'il·lumina amb una font de llum; aquest fet produeix una llum amb una longitud d'ona que només pot ser xuclada per l'element sotmès a estudi. La concentració d'aquest element pot establir-se comparant la intensitat del raig de llum quan la mostra està sotmesa a l'acció de la flama en comparació amb quan no ho està. La repe-

tició d'aquesta operació mitjançant la utilització d'una varietat apropiada de fonts de llum permet detectar la presència de més de 65 elements químics.

La majoria d'elements detectats per AAS presenten una alta sensibilitat analítica. Aquesta tècnica és particularment important pel fet que arriba a la detecció d'elements químics amb un número atòmic molt baix, com és el cas del liti (Doce, 1988).

La primera aplicació arqueològica d'aquesta tècnica es desenvolupà durant els anys 70 (Sieveking *et al.*, 1970), quan s'estudiaren set mines de sílex angleses i continentals, essent possible diferenciar les produccions de cadascuna, llevat del cas de dues mines britàniques molt properes una de l'altra. Posteriorment, aquesta tècnica ha continuat utilitzant-se (Craddock *et al.*, 1983).

5.2.3. La fluorescència de raigs X (XRF)

L'espectrometria mitjançant raigs X va néixer en la dècada dels anys 30 de la mà del físic anglès E. Mosely. En l'actualitat és una tècnica emprada comunament per a realitzar anàlisis elementals qualitatives i quantitatives. L'avantatge de la seva utilització és el seu caràcter no destructiu, tot i que generalment s'opta per destruir la peça a analitzar, ja que els raigs X només penetren entre 20 i 200 µm en l'interior de la peça i, per tant, només s'analitzaria la superfície de l'objecte. A més, així, s'obté l'homogeneització de la mostra, que és un element cabdal per a una bona determinació de la seva composició química. La quantitat de mostra varia entre 1 g, per als components principals (Si, Al, Ti, Mn, Mg, Ca, K, Na), i entre 5 i 10 g, per a la determinació dels components secundaris (Andrefsky,1998).

En aquesta tècnica la mostra és irradiada per un feix de raigs X produïts per una font radioactiva. Els raigs X fluorescents tenen tant energies com longituds d'ona característiques de l'element pel quals són emesos. D'aquesta manera, mesurant la intensitat dels raigs per a diferents longituds d'ona, és possible determinar les concentracions dels diferents elements químics presents en la composició de la mostra.

Aquesta tècnica s'ha emprat tradicionalment en la caracterització de les fonts d'obsidiana (Merrich i Brown, 1984).

5.2.4. Microsonda electrònica i anàlisi per emissió de partícules induïdes per raigs X (PIXE)

Aquestes tècniques també utilitzen els raigs X, i el principi d'ambdues és el mateix: un feix de raigs amb partícules molt carregades d'energia —electrons i protons, o partícules α, respectivament, segons la tècnica— s'utilitza per a excitar els electrons de les capes K i L en els seus nivells d'energia més alts. Aquests electrons emeten després raigs X, tornant al seu nivell d'energia original, a l'igual que passava amb la XRF (Andrefsky,1998).

La diferència entre aquestes tres tècniques rau en el fet que mentre que la XRF analitza una àmplia superfície de la mostra, la microsonda i el PIXE ho fan d'una àrea seleccionada. A més, la microsonda permet analitzar mostres minerals de mida molt petita. Les primeres aplicacions de la microsonda en el camp de l'arqueologia se centraren en l'estudi d'objectes metàl·lics, pigments i vidres (Hornblower, 1962). La seva utilització per a determinacions de fonts de matèries primeres s'ha centrat en l'estudi de les obsidianes (Merrich i Brown, 1984).

5.2.5. Anàlisis per activació neutrònica (NAA)

En aquesta tècnica les mostres a analitzar s'irradien amb un feix de neutrons produïts per un reactor nuclear. L'emissió de raigs τ, produïts pel deteriorament dels radionuclis formats durant el bombardeig, permet el reconeixement i la identificació dels elements químics presents en la mostra analitzada, tot i que hi ha un cert nombre d'elements que no solen detectar-se (H,B,C,N,P i Pb) (Doce, 1988). Les anàlisis per activació neutrònica s'utilitzen freqüentment per a la determinació dels elements traça, ja que es pot arribar a la detecció de gran quantitat d'elements en concentracions de 0,1 ppm, amb un marge d'error de ± 5 % del valor mitjà. Només calen 100 mg de mostra; per aquest motiu, sol considerar-se una tècnica no destructiva, almenys de l'aspecte extern de la peça. Aquesta tècnica impossibilita, però, la realització d'altres tècniques analítiques posteriorment, ja que la peça roman radioactiva!

Les anàlisis per activació neutrònica comencen a emprar-se durant els anys 60, i han estat àmpliament difoses en els estudis d'arqueopetrologia (Church, 1994).

5.2.6. Espectroscòpia per emissió de plasma (IPCAES)

Aquesta és una de les darreres tècniques químiques de caracterització que ha proporcionat resultats interessants en el camp de la identificació de les matèries primeres silícies, després de la seva primera aplicació que data ja de l'any 1986 (Thomson *et al.*).

Aquesta tècnica d'anàlisi consisteix en la injecció d'una solució de la mostra a analitzar (només calen 10 mg) en un flux d'argó per a formar un aerosol. Aquest aerosol s'escalfa mitjançant una freqüència de radio fins assolir una temperatura de 6000 ºC, punt a partir del qual es transforma en una llum de plasma (un gas en què alguns o cadascun dels electrons es troben separats dels seus nuclis). L'espectre d'emissió produït pels àtoms i ions excitats s'analitza posteriorment per a posar de manifest els elements presents i les seves concentracions, com succeïa amb l'OES.

L'espectroscòpia per emissió de plasma pot utilitzar-se per a la identificació de la majoria dels elements traça dels principals metalls, excepció feta del rubidi (Doce, 1988). Permet també la detecció de les terres rares (REE). Els límits de la seva detecció se situen entre 0,01 i 0,1 ppm, amb un marge d'error del 5 % del valor mitjà per a una concentració determinada.

Les principals avantatges d'aquesta tècnica es troben en l'ampli ventall d'elements que es poden detectar (24), els límits baixos de la seva detecció, la bona precisió, els rangs de calibració lineal llargs que presenta i la seva rapidesa. El principal inconvenient d'aquesta tècnica continua essent el seu elevat cost econòmic.

La seva aplicació a un conjunt de sis mines neolítiques de sílex d'Holanda i Bèlgica ha permès la caracterització de cadascuna de les produccions de destrals realitzades amb aquests sílexs, essent l'anàlisi macroscòpica impracticable per la presència de nombroses pàtines (McDonnell *et al.*, 1997). Aquesta tècnica s'ha aplicat, també amb resultats positius, per a la caracterització de l'aprovisionament lític durant el Mesolític en els Alps orientals francesos, sobre materials que presentaven una gran homogeneïtat des d'un punt de vista macroscòpic i petrogràfic (Bressy *et al.*, 1999).

Una variant d'aquesta tècnica, coneguda com LAICPMS (*Laser Ablation Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry*), ha estat emprada recentment per Sophie Grégoire (2000). A diferència de la tècnica

anterior, aquesta no és destructiva i permet calcular els valors dels elements majors, menors i traça en estat sòlid, conservant la mostra intacta. D'aquí el seu interès per a la caracterització de mostres arqueològiques. Tan sols unes petites ablacions microscòpiques (perforacions de 80 µm, invisibles a ull nu) són suficients per a realitzar aquest tipus d'anàlisi, que es basen en la hipòtesi que cada aflorament de sílex posseeix una composició característica (Blett, 1999). Mitjançant aquesta tècnica, la autora ha pogut relacionar una mostra procedent del jaciment de l'Arbreda (Girona) amb les formacions silícies de Roquefort-Les Corbières (Aude). Les similituds del contingut en urani així semblen demostrar-ho.

Finalment, la seva utilització sobre les indústries lítiques tallades dels assentaments a l'aire lliure de la vall del Côa a Portugal (Carvalho, 2001) ha servit per a confirmar les característiques ja establertes per les anàlisis petrogràfiques precedents (Mangado, 2002).

5.2.7. La caracterització isotòpica del sílex

Finalment, en aquest treball consagrat a la caracterització del sílex, volem fer un molt breu esment de l'aplicació dels estudis isotòpics, ja que les relacions en els valors isotòpics dels elements estables (H,C, O, N, S…) han permès, en ocasions, resoldre qüestions relacionades amb la procedència dels materials arqueològics. Aquest és el cas dels treballs d'O'Neil i Hay (1973) i Stiles, Hay i O'Neil (1974) sobre la gorja d'Olduwai. L'estudi del $\delta^{18}O$ va permetre determinar les àrees font dels útils de sílex. Els afloraments d'aquests materials corresponien a diferents paleollacs, amb variacions significatives de la seva salinitat.

Darrerament l'estudi isotòpic del ^{10}Be ha permès a uns investigadors israelians (Verri *et al.*, 2004) establir l'origen de les primeres activitats mineres de sílex durant el Paleolític inferior!

6. L'aprovisionament de recursos abiòtics

6.1. Introducció

Un cop hem definit les diferents tècniques aplicables a la caracterització dels recursos lítics silicis, centrem-nos en la definició de l'aprovisionament i les seves característiques.

L'aprovisionament de recursos, ja siguin aquests biòtics (fauna, flora) o abiòtics (matèries primeres lítiques) constitueixen la base fonamental per a explicar les dinàmiques d'interacció entre les societats humanes i els seus territoris d'aprovisionament (Milliken, 1998). Els territoris d'una comunitat concreta hem de definir-los com aquella part de l'entorn natural explotat econòmicament, socialment i simbòlica, per un grup humà.

En el camp de la arqueologia, ciència que per definició es caracteritza per l'estudi de la «materialitat» de les societats, resulta francament difícil aproximar-nos a la percepció del territori, allò que podríem definir com a «paisatge»; si bé no resulta del tot impossible «intuir», en determinades ocasions, aquestes percepcions socials, com succeeix per exemple en documentar l'absència de determinades matèries primeres —sense motius evidents— en un jaciment situat prop dels afloraments, fet que ens podria estar indicant una certa «frontera» paisatgística de la comunitat en estudi. Aquest és el cas dels materials silicis de la riba dreta del Duero, prop del tram final del Côa, que no apareixen representats en cap dels jaciments d'aquest entorn geogràfic (Aubry, 2001).

6.2. Els mecanismes d'aprovisionament i els sistemes d'explotació dels territoris

Les nostres reflexions en aquest apartat se centraran en els mecanismes d'aprovisionament i en els sistemes d'explotació dels territoris. Tot i això, el mateix terme de territori no està exempt d'un problema inherent a les societats que l'explotaren. Hem de tenir en compte, cosa que sovint sembla oblidar-se, que les comunitats de caçadors i recol·lectors són quasi exclusivament nòmades. Davant d'aquest fet, el concepte de «territori» és tant fluctuant com puguin ser-ho els trajectes d'aquests grups humans a través del mateix.

Clark (1975) va definir diversos tipus de territoris principals per a les societats humanes. La seva definició de «territori campament-base» es basà en els criteris establerts per Higgs i Vita Finzi (1972, a Doce, 1988) en el seu model del *Site Catchment Analysis*. Aquest model teòric es troba en l'actualitat «superat», ja que la definició a partir de «l'espai que es pot recórrer en un radi d'una o dues hores de marxa, és a dir, un radi de 5 a 10 km» no va suportar l'evidència natural imposada pels diferents accidents orogràfics. A més, aquest model establert per a l'aprovisionament per part de comunitats agrícoles centramericanes no s'adequa a la realitat de funcionament i mobilitat dels grups caçadors-recol·lectors.

Tot i això, sí que paga la pena que recordem altres dues definicions de Clark (1975). Per una banda el concepte de «territori anual», que és el que s'estableix en funció de l'explotació de recursos anuals i, per una altra, el «territori social», que defineix el conjunt de territoris dibuixats pels recursos (des de les matèries primeres i els productes elaborats fins als productes alimentaris) per a una comunitat concreta, en virtut de la seva pertinença a un grup social més ampli. Ambdues definicions ens introdueixen en aspectes francament interessants en relació amb l'organització de les societats caçadores-recol·lectores:

— Per una banda, l'anualitat (nosaltres preferim, però, el terme estacionalitat) implica el moviment del grup humà, o d'una part, al llarg del que constitueix el seu territori d'explotació econòmica; així, cada jaciment en concret mostra, en el seu registre lític, una part d'aquest territori recorregut. La mobilitat es pot aleshores reflectir en

el registre arqueològic, a través de les diferències en els percentatges d'aparició i en el grau d'explotació de les diverses matèries primeres regionals, i també per les diferències funcionals entre els diversos assentaments d'una mateixa comunitat.

— D'altra banda, el «territori social» pot ser el marc propici per a l'intercanvi de matèries primeres entre grups. D'aquesta manera, es pot explicar també la presència de determinades matèries primeres, generalment ja manufacturades, en jaciments molt distants de les fonts d'aprovisionament originals.

Per intentar relacionar aquestes diferents «realitats territorials», i en relació amb els grups caçadors-recol·lectors, ens sembla imprescindible aproximar-nos a les característiques principals del comportament d'aquests grups. Això, em fa recórrer a les fonts etnogràfiques, que, tot i presentar nombrosos problemes, ens poden mostrar la «realitat» econòmica d'aquestes societats tan allunyades de la nostra.

Són diversos els factors que semblen influir en els sistemes d'explotació i en els mecanismes d'aprovisionament. D'una banda, hem de tenir en compte variables d'ordre natural, és a dir, aspectes relacionats amb la pròpia naturalesa dels recursos explotats i amb les característiques geològiques i geogràfiques de l'àrea d'estudi. D'altra banda, hem de considerar les variables inherents a les característiques culturals de la comunitat.

Entre els factors de caire cultural, cal destacar-ne el de «demanda lítica», que fou definit per Luedtke (1984 a Doce, 1988) com: «La quantitat de material lític tallat, per unitat concreta de població, durant un determinat període de temps». Segons Luedtke, aquesta demanda està en funció de tres aspectes de la tecnologia de la cultura:

— La quantitat i freqüència d'activitats que requereixen d'útils lítics.
— Les tècniques de producció.
— L'eficàcia d'aquestes tècniques.

Els estudis d'antropologia econòmica ens aporten les primeres dades sobre l'especificitat dels grups caçadors-recol·lectors. Diversos exemples etnogràfics (Sahlins, Service, Gould) demostren que l'explotació dels recursos lítics no fou una activitat guiada pels principis d'op-

timització econòmica, semblants als de la nostra economia contemporània, sinó que aquesta explotació responia a relacions econòmiques de caràcter instituït; en altres paraules, que depenia de l'organització social.

Des d'una perspectiva antropològica hem de considerar, doncs, que l'organització de la producció de béns lítics (siguin aquests béns de consum econòmic i/o béns de consum simbòlic o de prestigi) és una activitat que depèn de pautes culturals, és a dir, no únicament i exclusiva econòmiques, sinó també socials. El seu caràcter està vinculat estretament amb l'organització social del grup que porta a terme la dita explotació.

En aquest sentit, volem destacar dos comportaments que ens semblen fonamentals:

— Per una banda, la prodigalitat, és a dir, el consum ràpid de totes les reserves «com si no dubtessin, ni un moment, que n'aconseguirien més».
— Per una altra, «la notable tendència a l'oblit en relació amb les seves pertinences» (Sahlins, 1983).

Expressat així, i fora de context, sembla que ens trobem davant de societats ocioses o simples, però la nostra lectura ha de ser molt diferent. Ens trobem davant de comunitats que, per una banda, són unes grans coneixedores dels seus territoris i, per l'altra, són societats gairebé exclusivament nòmades. D'aquesta manera podrem interpretar aquesta «prodigalitat» i aquesta «deixadesa» pel que respecta als conjunts lítics, com a resultat evident d'allò que Binford (1988) definí com grups culturals que inverteixen en bancs de dades. És a dir, es tracta de grups humans amb una capacitat molt elevada per a obtenir dels territoris allò que aquests els poden proporcionar en cada moment. Som davant grups que coneixen a la perfecció la disponibilitat natural dels recursos i quines són les estratègies essencials per a aconseguir-los.

El mecanisme d'aprovisionament de tipus directe[11] és el fonamental entre els grups de caçadors-recol·lectors, i es basa quasi exclusivament

11. Entenem com a mecanisme d'aprovisionament de tipus directe l'explotació del propi territori (Ramos Millán, 1986).

en dos sistemes d'explotació: la recollida superficial[12] i la mineria de superfície[13]. Aquest fet ha estat posat en relació amb el caràcter socialment igualitari d'aquestes comunitats, en les quals la transmissió de la informació de l'entorn geogràfic constitueix un element fonamental per a la seva supervivència (Root, 1983).

Si bé l'etnografia pot facilitar-nos exemples molt interessants sobre els mecanismes i sistemes d'aprovisionament dels grups caçadors actuals o subactuals, pensem que cal prendre'ls amb una certa cautela, ja que o bé provenen de relats antics proporcionats per missioners, comerciants i aventurers, amb importants prejudicis culturals, o bé poden referir-se a societats «contaminades» o que habiten àrees del planeta especialment inhòspites.

De tota manera, és evident que ens trobem davant de grups humans que no lluiten sense repòs per a la seva supervivència, amenaçats per la fam i les mancances de béns materials. Per aquest motiu, aquest repàs als mecanismes d'aprovisionament dels grups caçadors-recol·lectors no seria complet si oblidéssim fer esment del subministrament indirecte de recursos lítics, és a dir, l'intercanvi dels mateixos.

L'intercanvi de matèries primeres, així com el d'elements d'ornament, és un dels millors indicadors del nivell de contactes interterritorials entre les comunitats prehistòriques. La distribució, més o menys sistemàtica, a llarga distància d'aquests materials, ha de situar-se, de manera general durant el Paleolític superior, com evidència del desenvolupament tecnoeconòmic i social assolit per aquestes societats de caçadors-recol·lectors. De la mateixa manera, l'augment global de les distàncies recorregudes suggereix diferències d'ordre socioeconòmic respecte a moments cronològics anteriors, mitjançant la creació d'espais de relació social (Feblot-Augustins, 1997). Recordem aquí la definició de territori social de Clark (1975).

12. Entenem com a recollida superficial la definició establerta per Carrión *et al.* (1998): un sistema d'explotació de caràcter recol·lector, que es realitza sobre una major o menor varietat petrològica de còdols, de diferents mides, que es troben en posició secundària.

13 Entenem com a mineria de superficie la definició establerta per Carrión *et al.* (1998): una activitat de caràcter extractiu especialitzat que es realitza a cel obert, per a l'obtenció d'un recurs específic (aflorament primari).

Són diverses les hipòtesis per a explicar l'aparició de determinades matèries primeres en contextos allunyats dels seus afloraments d'origen. Per a alguns autors (Bahn, 1977), l'aprovisionament de materials exògens pot haver-se produït al llarg dels desplaçaments estacionals de caràcter migratori, rera les ramades de grans herbívors. Des d'aquesta perspectiva s'assenyala la complementarietat de l'aprovisionament de recursos lítics, en el marc dels moviments que serveixen per a satisfer altres necesitats de subsistència bàsiques (cacera especialitzada del ren). Tot i això, alguns estudis zooarqueològics no permeten sustentar sempre aquestes hipòtesis migratòries (Delpeche, 1983), en especial quan els recorreguts de materials i animals no es troben en els mateixos eixos. Així, altres modalitats d'adquisició de matèries primeres «exòtiques» semblen més probables, especialment les relacionades amb els contactes entre grups o individus:

— Els intercanvis podrien haver-se generat a través de visites recíproques en una zona d'interacció social, o *visiting zone*, segons aquesta fou definida per Binford (1988), o *d'agregation site*, segons la definició de Conkey (1980). Situada fora del territori d'explotació econòmica habitual del grup humà en qüestió.
— El desplaçament de béns podria també ser el resultat de diversos intercanvis successius que acabarien provocant, per la repetició de processos de visita recíproca, un fenomen similar al definit per Renfrew (1984), per a les societats productores, conegut com *down-the-line*.

Ambdues formes espacials d'intercanvi suposen l'existència d'un àmbit de relacions socials. Entre els caçadors-recol·lectors actuals aquests espais es troben especialment desenvolupats en els entorns en què els recursos són imprevisibles. L'establiment d'aquests espais, pels quals circula la informació relativa a la localització dels recursos indispensables per a sobreviure, és un element essencial en les estratègies de minimització de riscos inherents a les economies d'àrees marginals (Gamble, 1986; Whallon, 1989). L'intercanvi de béns és part integrant d'aquestes estratègies, perquè contribueix a consolidar les relacions socials (Wiessner, 1982; Gamble 1990).

7. A tall de conclusió

Com acostumen a fer les «sèries» de la televisió, quan la durada del capítol pot fer perillar l'audiència, penso que ha arribat el moment de concloure amb un senzill «continuarà». Espero que el pacient lector d'aquest treball hi hagi trobat algunes respostes, i encara millor si hi ha trobat preguntes i inquietuds que ens faci'n a tots continuar endavant les investigacions.

Arribat el moment de la cloenda només vull assenyalar el fet que m'ha impulsat a realitzar aquest treball. No és altre que el respecte profund pel senyor Josep Barberà.

Josep Barberà fou en primer lloc, i abans de res, tot un senyor. Persona de gran vàlua humana, d'aquells que cada cop en queden menys, i que sempre ens deixen massa d'hora, quan encara els necessitem. El fet és que mai deixarem de necessitar senyors com en Josep Barberà. A més, fou i serà un mestre, un investigador de primer ordre en el seu camp, un apassionat de l'arqueologia, del seu coneixement i de la seva transmissió; no és d'estranyar, doncs, que fins i tot li haguem d'estar agraïts de manera pòstuma, en cedir, a la per ell fundada, Societat Catalana d'Arqueologia, la seva pròpia biblioteca especialitzada.

Els nostres temes de recerca no foren mai coincidents, i gairebé no ens coneixíem, llevat de les vegades que ens trobàvem a la Societat Catalana d'Arqueologia. Tot i la diferència en els temes de recerca científica, sempre el vaig considerar, i sempre el consideraré, un gran investigador, un veritable mestre de mestres, preocupat per les innovacions tèc-

niques i metodològiques aplicables a l'arqueologia; no envà fou l'introductor de les tècniques d'excavació tridimensional a casa nostra.

Retem-li l'homenatge que es mereix tant per la seva vàlua personal com investigadora.

Pep m'hauria agradat poder presentar aquest treball en d'altres circumstàncies, per conèixer-ne la teva opinió i comentaris; espero, però, de tot cor, que no n'estiguis gaire decebut.

Barcelona, 30 d'agost del 2004.

8. Bibliografia

ANDREFSKY, W. (1998): *Lithics. Macroscopic approches to analysis. Cambridge Manuals in Archaeology*. Cambridge University Press, 258 p.

AUBRY, M. P. (1975): « Recherches sur la nannopetrographie des roches siliceuses ». *Bull. Soc. Géol. de Normandie*. T. LXII, fasc, 2.

AUBRY, T. (1990): «Problèmes de convergences de faciès siliceux: Exemple de l'approvisionnement en matières premières siliceuses des gisements solutréens et badegouliens du Centre de la France». Dins Séronie-Vivien, M.R. i Lenoir, M: (eds.). *Le silex de sa genèse à l´outil. Cahiers du Quaternaire*, 17. Bordeaux, pp. 433-442.

AUBRY, T. (1991): *L´explotation des ressources en matières premières lithiques dans les gisements solutréens et badegouliens du Bassin versant de la Creuse (Indre).* Thèse de troisième cicle. Université Bordeaux I. Bordeaux, 327 p.

AUBRY, T. (2001): « L'occupation de la basse vallé du Côa pendant le Paléolithique supérieur ». Dins Actes del col·loqui *Les premiers hommes modernes de la Péninsule Ibérique*. Vila Nova de Foz Côa. *Trabalhos de Arqueologia*, 17, pp. 253-273. IPPAR. Lisboa.

BAHN, P. (1977): «Seasonal migration in south-west France during the late Glacial period». *Journal of Archaeological Science,* 4, pp. 245-257.

BLETT, M. (1999): *L'apport de l'ablation laser couplée à ICP-MS à la characterisation des archéomateriaux siliceux*. Thèse de Doctorat de l'Université d'Orleans, 217 p.

BIGNOT, G. (1982) : *Les microfossiles*. Ed. Dunod Université. París. 205 p.

BINFORD, L. R. (1988): *En busca del Pasado*. Ed. Crítica. Barcelona. 273 p.

BRASIER, M. D. (1980): *Microfossils*. George Allen & Unwin. Londres. 193 p.

BRESSY, C.; POUPEAU, G. i BINTZ, P. (1999): «Geochemical characterization in flint sourcing. Application in Vercors and Chartreuse massifs (Western

Alps, France)». Dins *Abstracts of VIII International Fint Symposium*. Bochum (Alemania), p. 12.

BROOKS, I. (1988): «Debugging the system: The characterisation of flint by micropalaeontology». Dins Brooks, I. & Phillips, P. (eds.). *Breaking the stony silence. British Archaeological Repports. British Series*, 213. Oxford, pp. 53-71.

BROOKS, I. (1989): *The Viability of micropalaeontology to the sourcing of flint*. Ph. D. Dissertation. Dpt. of Archaeology and Prehistory. University of Sheffield.

BROOKS, I. i DORNING, K. J. (1997): «The assessment of temperature in deliberately heat treated flints and cherts». Dins Schild, R. & Sulgostowska, Z. (eds.). *Man & Flint*. Varsòvia, pp. 185-188.

BUSTILLO, M. A. (1976): «Texturas de las rocas silicias inorgánicas en ambiente continental y significado genético». *Estudios Geológicos*, 32. Madrid, pp. 371-383.

BUSTILLO, M. A. (1980): «Diagénesis de sílex». *Revista del Instituto de Investigaciones Geológicas*, 34. Diputación Provincial y Universidad de Barcelona. Barcelona, pp. 237-248.

BUSTILLO, M. A. (1983): «Minerales de la sílice en ambiente sedimentario: Estudio y aplicaciones». *Industria minera*, 230. Madrid, pp: 27-33.

BUSTILLO, M. A. i LA IGLESIA, A. (1979). «Sílex: Relación entre índices de cristalinidad y ambientes de sustitución». *Boletín Geológico y Minero*. Tom. XC-VI, pp. 588-594.

CACHO, C. (1990): « Un premier essai d'étude des matières premières du Tossal de la Roca (Alicante, Espagne) ». Dins Séronie-Vivien, M. R. & Lenoir, M. (eds.). *Le silex de sa genèse à l'outil. Cahiers du Quaternaire*, 17. Bordeaux, pp. 467-470.

CARBONELL, E.; SALA, R. i CEBRIÀ, A. (1997): *El taller de jaspis del Morrot de Montjuïc. Primers indicis de protomineria al paleoestuari del Llobregat*. Centre d'Arqueologia de la Ciutat. Ajuntament de Barcelona. Barcelona, 83 p.

CARRIÓN, F., ALONSO, J. M., CASTILLA, J., CEPRIÁN, B., y MARTÍNEZ, J. L. (1998): «Métodos para la identificación y caracterización de las Fuentes de Materias Primas Líticas Prehistóricas». Dins Bernabeu, J., Orozco, T. & Terradas, X. (eds.): *Los recursos abióticos en la Prehistoria. Caracterización, aprovisionamiento e intercambio*. Col·lecció Oberta. Universitat de València, pp. 29-38.

CARVALHO, M. (2001): *Using ablation-inductively coupled plasm. Mass spectrometry to source archaeological lithic remains from the Upper Palaeolithic open-air sites*

of The Côa Valley (Portugal). Dissertation Degree of Master by Advanced Study in Scientific Methods in Archaeology. University of Bradford.

CASAS, J. (2000): *Anàlisi de primeres matèries del Neolític Mig de Catalunya: el sílex melat*. Trabajo de investigación inédito. Universidad de Barcelona,142p.

CAYEUX, L. (1929): *Les Roches Sédimentaires de France. Roches siliceuses. Mémoires Carte Géologique France*. 588 p.

CLARK, G. (1975): *The earlier stone age settlement of Scandinavia*. Cambridge University Press. Cambridge, 282 p.

CONKEY, M. (1980): «The identification of prehistoric hunter-gatherer agregation sites: The case of Altamira». *Current Antropology*, 21, pp. 609-630.

CONSIGNY, S. i WALTER, Ph. (1997): «Flint origin and ion beam analysis archaeological results in the Paris Basin, France». Dins Schild, R. & Sulgostowska, Z. (eds.). *Man and Flint*. Varsòvia, pp. 337-342.

CRADDOCK, P. T. *et al.* (1983): «The trace elements composition of polished flint axes as an indicator of source». *Archaeometry*, 25 (2), pp. 135-164.

CREMASCHI, M. (1981): «The source of the flint artifacts from the central Po plain and Apennine sites between the 7th and the 2nd millenium B.C.» *Staringia*, 6, pp. 139-142.

CHURCH, T. (1994): Lithic Ressources Studies. A sourcebook for archaeologist. Special publication 3. Lithic Tecnology. University of Tulsa.

DAVIES, Th. i SUPKO, P. (1972): «Oceanic sediments and their diagenesis: Some examples from Deep-Sea Drilling». *Silica in Sediments: Nodular and Bedded Chert. Society of Economic Paleontologist and Mineralogists*, 8, pp. 78-87.

DEFLANDRE, G. (1934): « Sur les microfossiles d'origine planctonique conservés à l'état de matière organique dans les silex de la craie ». *Comptes Rendues Academie de Sciences*, 199. París, pp. 797-799.

DEFLANDRE, G. (1936): « Les flagellés fossiles. Aperçu biologique et paléontologique. Rôle géologique ». *Act. Sc. et Industr.* París, pp. 335.

DEFLANDRE, G. (1966): « Étude micropaléontologique des silex du site de Pincevent ». Dins Leroi-Gourhan, A. & Brezillon, M. (eds.): *L´habitation magdalénienne nº1 de Pincevent. Gallia-Préhistoire*, 9, París, pp. 381-382.

DELPECH, F. (1983): *Les faunes du Paléolithique supérieur dans le sud-ouest de la France. Cahiers du Quaternaire*, 6. Burdeus.

DEMARS, P. Y. (1982*): L´utilisation du silex au Paléolithique Supérieur: Choix, Approvisionnement, Circulation. L´exemple du Bassin de Brive*. Cahiers du Quaternaire, 5. C.N.R.S. París, 253 p.

DEMARS , P. Y. (1984): « Les stratégies dans la recherche de matière première en Périgord au Paléolithique: Contrainte du Milieu ou choix culturel? Un état

du problème ». Dins Laville, H. (ed.). *Variations des paleomilieux et peuplement prehistorique. Cahiers du Quaternaire*, 13. Burdeus, pp. 169-178.

DOCE, R. (1988): La determinación de la procedencia de las materias primas silíceas. Un caso práctico: el estrato 4 del Filador.Tesis de licenciatura inédita. Universidad de Barcelona, 219p.

DOCE, R. i ALCOBER, X. (1997): «Crystallinity index of some cherts from the Ulldemolins Complex and the Montblanc Formation (Tarragona, Spain)». Dins Ramos, A. & Bustillo, M. A. (eds.). *Siliceous Rocks and Culture*. Monográfica Arte y Arqueología. Universidad de Granada, pp. 111-116.

FÉBLOT-AUGUSTINS, J. (1997): *La circulation des matières premières au Paléolithique*. *ERAUL*, 75. 2 vols. Liège. 275 p.

FLÖRKE, O. W., JONES, J. B. i SCHMINCKE, H. U. (1976): «A new microcrystalline silica from Gran Canaria». *Zeitschrift für Kristallographie*, B.d. 143, pp. 156-165.

FLÖRKE, O. W., KÖHLER-HERBERTZ, B.; LANGER, K. i TÖNGES, I. (1984): «Water in microcrystalline quartz of volcanic origin: agates». *Contrib. Mineral. Petrol.*, 80, pp. 324-333.

FORT, R., BUSTILLO, M. A., i BUSTILLO, M. (1997): «Specific Surface Area and Mesoporosity in Different Silica Phases». Dins Ramos, A. & Bustillo, M. A. (eds.). *Siliceous Rocks and Culture*. Monográfica Arte y Arqueología. Universidad de Granada, pp. 101-110.

FOUÉRÉ, P. (1990): «Densités et caractérisation des silexs –premiers résultats». Dins Séronie-Vivien, M. R. & Lenoir, M. (eds.). *Le silex de sa genèse à l´outil. Cahiers du Quaternaire*, 17. Burdeus, pp. 171-179.

GAMBLE, C. (1986): «The mesolithic sandwich: ecological approaches and the archaeological record of the early postglacial». Zvelebil, M. (ed.): *Hunters in transition. Mesolithic societies of temperate Eurasia and their transition to farming*. Col. *New Directions in Archaeology*. Cambridge University Press, pp. 33-42.

GAMBLE, C. (1990): *El poblamiento paleolítico de Europa*. Ed. Crítica. Barcelona. 519 p.

GENESTE, J. M. (1991): « L'approvisionnement en matières premières dans les systèmes de production lithique: La dimension spatiale de la technologie ». Dins Mora, R., Terradas, X., Parpal, A. & Plana, C. (eds.). *Tecnología y cadenas operativas líticas*. Treballs d´Arqueologia, 1. Bellaterra, pp. 1-36.

GOULD, R. A. (1980): *Living Archaeology*. Cambridge University Press.

GREENWOOD, R. (1973): «Cristobalite: its relationship to chert formation in selected samples from the Deep Sea Drilling Project». *Silica in sediments: Nodular and bedded chert*. Society of Economic Paleontologist and Mineralogists, 8, pp. 120-127.

GRÉGOIRE, S. (2000): *Origine des matières premières des industries lithiques du Paléolithique pyrénéen et méditerranéen. Contribution à la connaissance des aires de circulations humaines.* These doctorale inédite. Université de Perpignan. 2 vols. 246 p.

HEANY, P. J., i POST, J. E. (1992): «The widespread distribution of a novel silica polymorph in microcrystalline quartz varieties». *Science*, vol. 255. pp. 441-443.

HEANY, P. J. (1995): «Moganite as an indicator for vanished evaporites: A testament reborn?». *Journal of Sedimentary Research*, vol. A65/4, pp. 633-638.

HERZ, N. i GARRISON, E. G. (1998). *Geological methods for archaeology*. Oxford University Press. Nova York, 343 p.

HORNBLOWER, A. (1962): «Archaeological applications of the electron probe microanalyser». *Archaeometry*, 5, pp. 108-112.

IEC (1997). *Diccionari de Geologia*. Enciclopèdia Catalana. Barcelona, 1407 p.

JONES, J. B. i SEGNIT, E. R. (1971): «The nature of opal». *Journal of Geological Society*. Austràlia, 18, pp. 57-68.

LABOR (1968): *Enciclopedia Labor*. Vol. 1. «El Universo y la Tierra».

LUEDTKE, B. E. (1978): «Chert sources and trace-elements analysis». *American Antiquity,* 43/3, pp. 413-423.

LUEDTKE, B. E. (1979): «The identification of sources of chert artifacts». *American Antiquity,* 44/4, pp. 744-757.

MALISSEN, B. (1977): « Elaboration d'une fiche de recensement des gites potentiels de matières premières siliceuses ». *Bulletín de la Société Préhistorique Française*, 74 (7). París, pp. 203-205.

MANGADO, J. (1997): *Estudi arqueopetrològic del nivell II de la Cova del Parco (Alòs de Balaguer, La Noguera, Lleida)*. Tesi de llicenciatura inèdita. Universitat de Barcelona, 141 p.

MANGADO, J. (1998): «La arqueopetrología del sílex. Estudio de caracterización de materiales silíceos. Un caso práctico, el nivel II de la Cova del Parco (Alòs de Balaguer, La Noguera)». *Pyrenae*, 29. Barcelona, pp. 47-68.

MANGADO, J. (2002): *La caracterización y el aprovisionamiento de los recursos líticos abióticos en la Prehistoria de Cataluña: EL Paleolítico Superior Final y el Epipaleolítico*. Tesi doctoral inèdita. Universitat de Barcelona, 425 p.

MASSON, A. (1979): «Recherches sur la provenence des silex préhistoriques. Méthode d'étude». *Études Préhistoriques*, 15, pp. 29-40.

MASSON, A. (1981): *Pétroarchéologie des roches siliceuses. Intéret en Préhistoire*. Tesis Doctoral inédita. Universitat Claude Bernard-Lyon I, 101p.

MASSON, A. (1987): « Pétrographie. a- Roches siliceuses ». Dins Miskowsky J. C. (ed.). *Géologie de la Préhistoire*. Editorial Géopré. París.

MAUGER, M. (1994): « L'approvisionnement en matériaux siliceux au Paléolithique supérieur ». Dins Taborin. Y. (ed.). *Environnements et habitats magdaléniens dans le centre du Bassin parisien. Documents d'Archéologie Française*, 43. París, pp. 78-92.

MCDONNELL, R. D., KARS, H. i JANSEN, B. (1997): «Petrography and Geochemistry of flint from six neolithic sources in Southern Limburg (The Netherlands) and Northern Belgium». Dins Ramos, A. & Bustillo, M. A. (eds.). *Siliceous Rocks and Culture*. Monográfica Arte y Arqueología. Universidad de Granada, pp. 371-384.

MCCLOUGH, T. H. i WOLLEY, A. R. (1984): «Petrography and stone implements». *World Archaeology*, 17 (1), pp. 90-100.

MERRICH, H. V i BROWN, F. H. (1984): «Rapid chemical characterization of obsidian artifacts by electron microprobe analysis». *Archaeometry*, 26 (2), pp. 230-236.

MILLIKEN, S. (ed.). (1998): *The organization of lithic technology in Late Glacial and Early Postglacial Europe*. British Archaeological Repports. International Series, 700, 182 p.

MORANT, N. (1998): *Estudi de les matèries primeres lítiques del nivell 1 del jaciment de l'Abric Romaní (Capellades, Barcelona)*. Tesi de llicenciatura inèdita. URV. Tarragona, 240 p.

O'NEIL, J. R. i HAY, R. L. (1973): «18º/16º ratios in chert associated with the saline lake deposits of East Africa». *Earth and Planetary Science Letters*, 19, pp. 257-266.

OROZCO, T. (1990). «Aplicaciones de la Petrología en Arqueología Prehistórica: el estudio del utillaje lítico pulido». *Saguntum*, 23. València, pp. 77-87.

ORTEGA, D. (2000): *Tecnologia i matèries primeres lítiques de l'aurinyacià arcaic de la cova de l'Arbreda*. Treball de recerca inèdit. Universitat de Girona. Girona. 324 p.

PARCERISAS, J. (1999): «Análisis petroarqueológico de la Unidad UAS5 de la Cova de L'Estret de Tragó». Dins Pallí, L & Roqué, C. (eds.). *Avances en el estudio del Cuaternario español*. Girona, pp. 271-276.

PARKES, P. (1986): *Current Scientific Techniques in Archaeology*. Croom Helm. Londres.

PETIJOHN, F. J. (1975): *Sedimentary Rocks*. Harper & Row. Nova York. 3a ed.

RAMOS MILLÁN, A. (1986): «La explotación de recursos líticos por las comunidades prehistóricas. Un estudio sobre economía primitiva». *Cuadernos de Prehistoria de la Universidad de Granada.* Granada, pp. 237-271.

RENFREW, C. (1984): «*Trade as action at distance*». Dins Renfrew, C. (ed.). *Approches to Social Archaeology*. Cambridge. Harvard University Press, pp. 86-143.

RICQ DE BOUARD, M. (1987). «Roches Tenaces». Dins Miskowsky, J. C. (ed.). *Géologie de la Préhistoire*. Geopré. París, pp. 859-870.

RIPOLL, S. (1990): « Les industries solutréennes de la Cueva de Ambrosio (Velez Blanco, Sudest de l'Espagne) et leur rapport avec les sources de matière première ». Dins Séroine-Vivien, M. R. & Lenoir, M. (eds.). *Le silex de sa genèse à l'outil. Cahiers du Quaternaire*, 17. Burdeus, pp. 471-477.

ROOT, D. (1983): «Information exchange and the spatial configurations of egalitarian societies». Dins Moore, J. A. y Keene, A. S. (eds.). *Archaeological Hammers and Theories. Studies in Archaeology*. Academic Press. Nova York, pp. 193-213.

ROTTLÄNDER, R. (1975): «The formation of patina on flint». *Archaeometry*, vol. 17 (part I), pp. 106-110.

SAHLINS, M. (1983): *Economía de la Edad de Piedra*. Ed. Akal. Madrid, 337 p.

SÉRONIE-VIVIEN, M. R. i SÉRONIE-VIVIEN, M. (1987): «Le silex du Mésozoique nord-aquitain. Approche géologique de l'étude des silex pour servir à la recherche préhistorique». *Bulletin de la Société Linéenne de Bordeaux*. supplément tome XV. Burdeus, 136 p.

SIEVEKING, G., BUSH, P., FERGUSON, J., CRADDOCK, P. T., HUDGHES, M. J. i COWELL, M. R. (1972): «Prehistoric flint mines and their identification as sources of raw material». *Archaeometry*, 14 (2), pp. 151-176.

SIEVEKING, G. *et al.* (1970): «Characterization of flint mine products». *Nature* 228, pp. 251-254.

SIMONNET, R. (1979): «Carte des gites à silex des Pré-Pyrénées». *Congrès Préhistorique de France*. XXIe session. Vol. 1. Quercy, pp. 308-323.

SOZZI, M. i VANNUCCI, S. (1996): «An example of integrated methodology for the characterization of raw material of the industries from Isernia La Pineta (Molise, Central Italy) and Ca Belvedere di Monte Poggiolo (Rogmagna, northern Italy)». Dins *The sections of the XIII International Congress of Prehistoric and Protohistoric Sciences. Abstracts*, 1, Abaco. Forlí, pp. 30-31.

STILES, D. N.; HAY, R. L. i O'NEIL, J. R (1974): «The MNK chert factory site, Olduvai Gorge, Tanzania». *World Archaeology*, 5, pp. 285-308.

TAKÁCS-BIRÓ, K. (1997): «Petroarchaeology of siliceous rocks and source determination in the Carpathian Basin». Dins Ramos, A. & Bustillo, M. A. (eds.). *Siliceous Rocks and Culture*. Monográfica Arte y Arqueología. Universidad de Granada, pp. 353-359.

TARRIÑO, A. i ULIBARRI, M. A. (1992): «La ficha como instrumento de inventario, análisis y comparación entre materiales silíceos pertenecientes a yacimientos arqueológicos y afloramientos naturales». Dins Jordà, J. F. (ed.). *Actas de la 2.ª Reunión Nacional de Geoarqueología*. Madrid, pp. 265-272.

TARRIÑO, A. (1998): «Rocas silíceas sedimentarias. Su composición mineralógica y terminología». *KREI*, 3. Gasteiz, pp. 143-161.

TERRADAS, X. (1995): *Las estrategias de gestión de los recursos líticos del Prepirineo catalán en el IX milenio BP: El asentamiento prehistórico de la Font del Ros (Berga, Barcelona).* Treballs d´Arqueologia, 3. Bellaterra. 206 p.

THOMSON *et al.* (1986): «The analysis of flint by inductively coupled plasma atomic absortion spectrometry, as a method of source determination». Dins Sieveking & Hard (eds.). *The Scientific Study of flint and chert*. Cambridge University Press. Cambridge, pp. 243-247.

TORTI-ZANNOLI, C. (1983): « Quelques donées sur les sources et l'utilisation des matières premières dans le massif Central ». *Bull. de la Société Préhistorique Française*. Études et travaux 80/8, pp. 226-227.

TUCKER, M. E. (1981): *Sedimentary petrology: an introduction*. *Blackwell Scientific Publications*. Londres. 252 p.

TUCKER, M. i WRIGHT, V. P. (1990): *Carbonate Sedimentology*. *Blackwell Scientific Publications*. Londres. 482 p.

VALENSI, L. (1955): « Sur quelques microorganismes des silex crétacés du Magdalenien de Saint-Amand (Cher) ». *Bulletin Société Géologique Française*.

VALENSI, L. (1957): « Micropaléontologie des silex du Grand Pressigny ». *Bulletin Société Géologique Française*. Tom 7. París, pp. 1083-1090.

VERRI, G.; BARKAI, R.; BORDEANU, C.; GOPHER, A.; HASS, M.; KAUFMAN, A.; KUBIK, P.; MONTANARI, E.; PAUL, M.; RONEN, A.; WEINER, S.; BOARETTO, E. (2004): «Flint minning in prehistory recorded by in situ-produced cosmogenic ^{10}Be». *PNAS*. Vol. 101, n.º 21, pp. 7880-7884.

WALTER, Ph. (1995): « Classer par la patine : l'étude des altérations chimiques des objets préhistoriques ». *Techné*, 2, pp. 119-123.

WHALLON, R. (1989): «Elements of cultural change in the latter Palaeolithic». Dins Mellars, P. & Stringer, C. (eds.). *The Human revolution. Behaivoural and biological perspectives in the origins of modern humans*. Edimburg. Edimburgh University Press, pp. 433-454.

WERNN, J. H. i HEINRICH, P. V. (1996): «Palynological chert sourcing of paleo-indian artifacts, Eagle Hill, Lousiana». Comunicació al *IXth International Palynological Congress*.

WIESSNER, P. (1982): «Risk, reciprocity and social influences on !kung San economics». Dins Leacock, E. & Lee, R. B. (eds.). *Politics ans History in band societies*. Cambridge University Press, pp. 61-84.