

# La primera explotació de coure a Catalunya. Dades arqueològiques i arqueomètriques de la Mina de la Turquesa (Cornudella de Montsant, Priorat)

Ignacio Soriano\*, Selina Delgado-Raack\*\*, Núria Rafel\*\*\*,  
Mark A. Hunt Ortiz\*\*\*\*, Ignacio Montero\*\*\*\*\*,  
Aleu Andreazini i Sabaté\*\*\*\*\*, Joan Carles Melgarejo i Draper\*\*\*\*\*

## Introducció<sup>1</sup>

Des de l'any 2000 estem duent a terme un projecte de recerca centrat en l'estudi de la mineria i la metal·lúrgia a la comarca del Priorat, liderat per la Universitat de Lleida i finançat pel Ministerio de Economía y Competitividad i la Generalitat de Catalunya. Les metodologies que s'empren en aquest projecte són la prospecció geològica i arqueològica, l'excavació selectiva i la realització d'analítiques arqueomètriques diverses, fonamentalment de composició química i d'isòtops de plom. En una primera fase

del projecte vam centrar l'estudi en les explotacions protohistòriques de la conca minera Molar-Bellmunt-Falset, situada al Baix Priorat. En els darrers anys, però, el focus d'atenció l'hem situat al nord de la comarca, a la zona que hem anomenat *conca minera del Montsant* (Montero-Ruiz [et al.], 2010, 2012a i 2012b; Rafel, 2012; Rafel [et al.], 2008, 2010, 2016 i 2017).

A l'agost de l'any 2011 vam dur a terme una prospecció a la conca minera del Montsant amb l'objectiu d'identificar indicis d'explotacions prehistòriques i històriques, així com de caracteritzar isotòpicament les principals menes

---

\* Grup de Recerca Arqueològica del Nordest Peninsular (GRANEP) i Departament de Prehistòria, Universitat Autònoma de Barcelona. (ignacio.soriano@uab.cat)

\*\* Arqueoecologia Social Mediterrània (ASOME), Departament de Prehistòria, Universitat Autònoma de Barcelona. (selina.delgado@uab.cat)

\*\*\* Departament d'Història, Universitat de Lleida. (nrafel@udl.cat)

\*\*\*\* Departamento de Prehistoria y Arqueología, Universidad de Sevilla. (mhunt@us.es)

\*\*\*\*\* Instituto de Historia-CSIC. (ignacio.montero@cchs.csic.es)

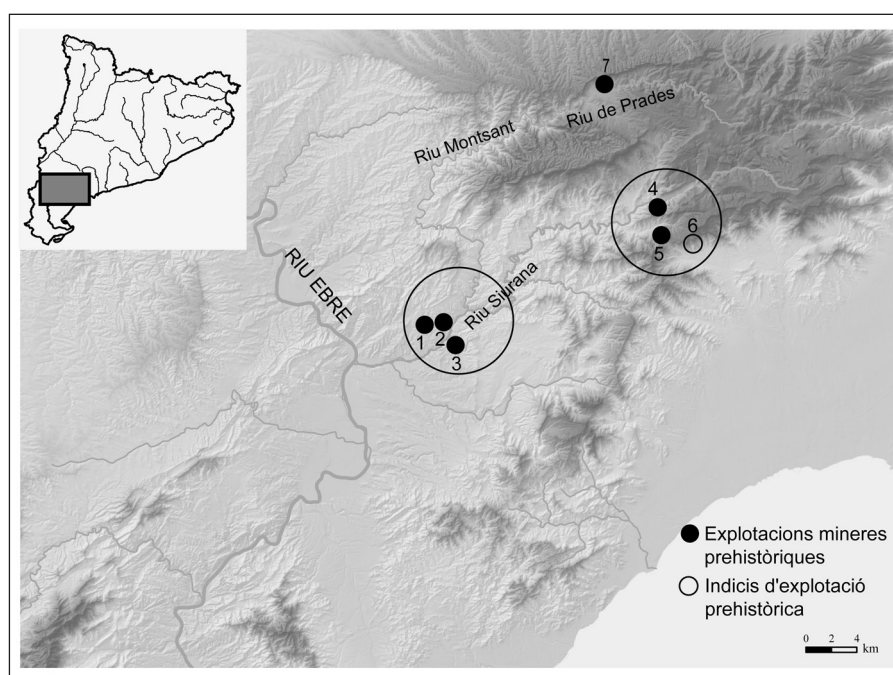
\*\*\*\*\* Departament de Mineralogia, Petrologia i Geologia Aplicada, Universitat de Barcelona. (aleuan@gmail.com; joan.carles.melgarejo.draper@ub.edu)

1. Tota la informació que conté aquest treball es pot ampliar consultant la publicació Rafel Fontanals [et al.] (2018).

existents (Montero-Ruiz [et al.], 2012a). Com a resultat, vam descobrir un jaciment inèdit (des del punt de vista arqueològic), la mina de la Turquesa o del Mas de les Moreres, gràcies a la localització d'una eina prehistòrica de miner. A més, es va apreciar al cim d'una trinxera, a cel obert, en direcció S-N, seguint el filó de mineral de coure (fonamentalment malaquita), l'existència d'escombreres adjacents i d'una galeria moderna-contemporània, la qual està situada a

El municipi de Cornudella de Montsant, on s'ubica el jaciment, se situa entre els macissos del Montsant, a l'oest, i les muntanyes de Prades, a l'est, a la vall del riu Siurana. La mina es localitza en un turó a 438,6 m s. n. m., al marge dret del barranc d'Arbolí (afluent del Siurana), a l'anomenada *Solana del Serrat dels Andorrans*, al sud-est del coll Negre<sup>2</sup> (figura 1).

Quant a l'aspecte geològic, la zona presenta una estructura molt complexa, que permet



**Figura 1.** Mapa de la comarca del Priorat amb la situació de la mina de la Turquesa i de les principals mines esmentades en el text. Conca minera Molar-Bellmunt-Falset: 1. Linda Mariquita (el Molar); 2. Jalapa (el Molar); 3. Barranc Fondo (Bellmunt del Priorat). Conca minera Montsant: 4. Turquesa (Cornudella de Montsant); 5. Barranc Fondo (Cornudella de Montsant); 6. Els Crossos (Alforja); 7. Solana del Bepo (Ulldemolins).

una cota força més baixa i sense connexió amb el cim. Tot i que la mina ja era coneguda en termes geològics i mineralògics (Melgarejo, 1987; Bareche, 1997), no es tenia constància que s'hagués explotat a l'època prehistòrica.

afloraments d'algunes de les roques més antigues dels Catalànids (Melgarejo, 1987; Mata Perelló, 1990). Hi afloren materials sedimentaris del devonià superior i del carbonífer (part alta del paleozoic), deformats per l'orogènia

2. Coordenades ETRS89: UTM 31N, 323884.605/4566667.437.

herciniana i intruïts per granits, sobre els quals jeuen sèries discordants del mesozoic, que, al seu torn, estaven recobertes de manera també discordant amb sèries detrítiques del terciari. El conjunt ha estat compartimentat per falles de l'edat alpina. Els materials principals són calcaris i dolomítics, tot i que no és rar trobar-hi quarsita, roques plutòniques i argiles rosades. Entre les mineralitzacions metàl·liques registrades les més importants són de tipus filonià, tant de plom com de coure (principalment sulfurs). Molt a prop de la mina de la Turquesa podem esmentar altres mines conegudes (Montero-Ruiz [et al.], 2012a). Al barranc Fondo, al mateix municipi, els filons bretxoides encaixats a les pissarres ofereixen galena, calcita i quars, com a minerals majoritaris. A Ulldemolins es documenten mineralitzacions d'origen volcànic amb galena, calcopirita i esfalerita, com a espècies majoritàries, i coures grisos, com a minoritàries. Algunes mines rellevants d'aquest municipi són la de la Solana del Bepo, l'única, a més, de la mina de la Turquesa, amb evidències prehistòriques d'explotació a tot Catalunya, la del Bessó i la del barranc de Sant Joan. En totes les mineralitzacions esmentades també es constata que hi ha minerals d'alteració com la malaquita i l'atzurita.

### Intervencions realitzades i resultats obtinguts

Quant a l'àmbit històric, teníem coneixement que la mina s'havia explotat a l'època moderna-contemporània i que la galeria horitzontal que havíem localitzat a una cota més baixa tenia la finalitat d'atacar el filó de coure que aflora al cim per la part més baixa. Sembla que l'excavació de la galeria es va interrompre per l'aparició d'una mena fosfatada (Bareche, 1997, p. 21). Al cim, on es localitza el filó principal, s'hi va practicar un gran pou miner que posteriorment, per raons de seguretat, es va reomplir amb enderrocs, fa gairebé 40 anys, en el moment en què el pare dels propietaris actuals, el Sr. Busquets, en va adquirir el predi.

Al jaciment, s'hi han realitzat tres campanyes d'excavació, els anys 2012, 2013 i 2015. La primera campanya (2012) tenia l'objectiu d'establir els límits del jaciment. Per aquesta raó es van obrir manualment cinc sondejos (talls de l'A a l'E), de dimensions variables i separats entre ells. Els resultats obtinguts van permetre situar part del pou miner modern-contemporani, que presentava una potència important, i també corroborar una cronologia idèntica per a les escombreres.

Durant la segona i tercera campanya, les tasques es van centrar en el pou miner (figura 2). Tenint en compte els resultats obtinguts, a la segona campanya (2013) es va optar per emprar mitjans mecànics per retirar els potents nivells de farciment contemporani, posar al descobert els límits complets del pou miner i avaluar-ne la potència estratigràfica. L'excavació del pou, que es va acabar la campanya següent, va proporcionar nombroses mostres de mineral de coure, així com d'útils lítics miners, tots en nivells contemporanis.

Durant la tercera i la darrera campanya d'excavació (2015) també es van emprar mitjans mecànics, però aquesta vegada de dimensions més reduïdes per tal de poder treballar dins del pou miner. Els objectius principals van ser delimitar completament el pou i intentar localitzar estrats intactes a l'interior, i, per a això, es van buidar els nivells de rebliement contemporanis. L'excavació manual del perfil sud-oest va permetre localitzar un petit pou vertical preindustrial (L1), excavat al terreny natural, que estava parcialment seccionat pel pou miner modern-contemporani (figura 3). Aquest pou segueix la mateixa orientació que el filó principal i se situa immediatament a l'oest d'aquest, amb tota probabilitat per explotar un filó lateral. Es conserva íntegre a nivell basal (1,20 × 0,80 m) i mostra una secció de tendència lleugerament bicònica amb una obertura més gran a la part superior. La seva profunditat total és de 4,73 m. Presenta, a més, diversos rebaixos a les parets, excavats a la roca i situats en posició oposada entre ells i a diferents altures. La interpretació que en fem és que és un sistema d'accés a l'estructura, bé directament per recolzar-hi les mans i els peus,



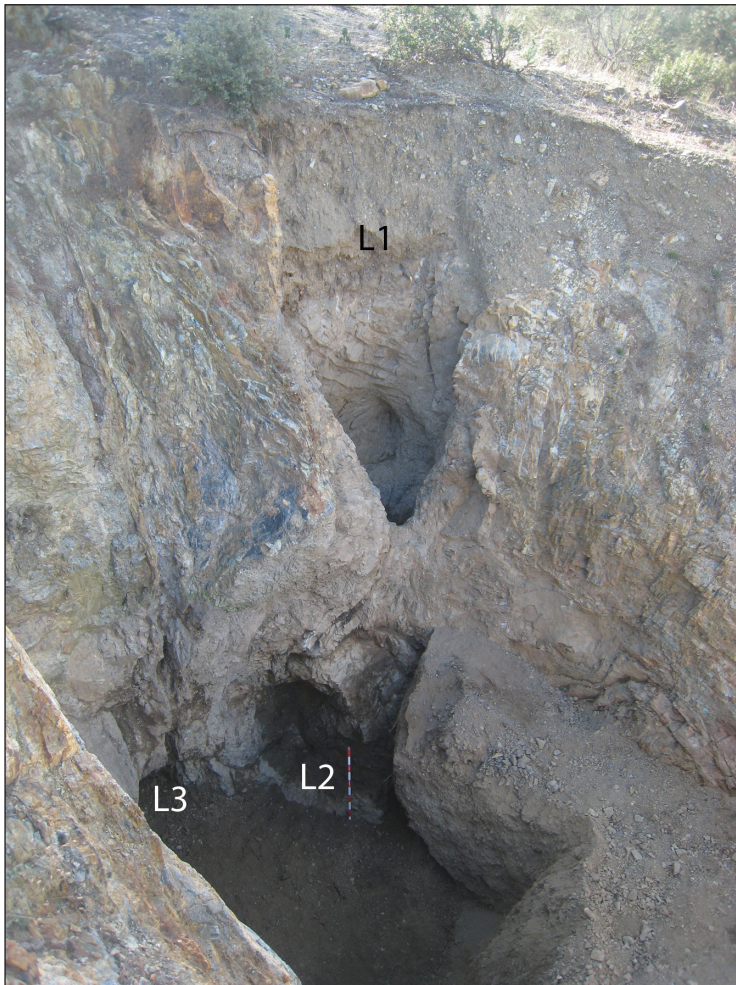
**Figura 2.** Planimetria del jaciment amb indicació del pou miner i de la galeria moderna/contemporània, així com del filó de mineral.

bé per col·locar-hi altres elements a manera de graons. La paret oest presenta un rebaix de dimensions més grans a gairebé uns 0,30 m de la base, que es podria haver emprat com a lleixa o prestatge. L'excavació del sediment que omplia la L1 va documentar dos estrats. El més recent (UE 22) ocupava tota la part superior i formava part dels mateixos nivells de rebliment moderns-contemporanis que omplien el pou miner recent. El més antic (UE 27) es va conservar a la part basal de l'estructura, protegit pel perímetre de la L1 encara intacte. A l'interior, s'hi van localitzar restes de mineral, carbons i un fragment d'eina minera. Es van

realitzar dues datacions radiomètriques, una sobre pol·len i l'altra sobre sediment.<sup>3</sup> Aquestes han aportat dos resultats de l'època altmedieval, que serveixen per situar un límit cronològic *ante quem* per al pou L1.

A la zona que hi ha més a prop a la paret sud del pou modern, on es localitza el filó principal, es van documentar evidències d'una o dues estructures mineres més (L2 i L3), a una cota inferior que la L1 i separades entre elles poc més de mig metre. Es tracta de dos retalls a la roca amb una morfologia idèntica, semi-circular, i una superfície arrodonida de tipus alveolar que es distingeix amb claredat de les

3. Beta 434539 (pol·len) = 1260-30 BP = 669-778 AD 2S; Beta 423141 (sediment) = 1110-30 BP = 879-1013 cal AD 2S. Corba de calibratge emprada: IntCal13. Programa: Calib Rev. 7.1 (Reimer [et al.], 2013).

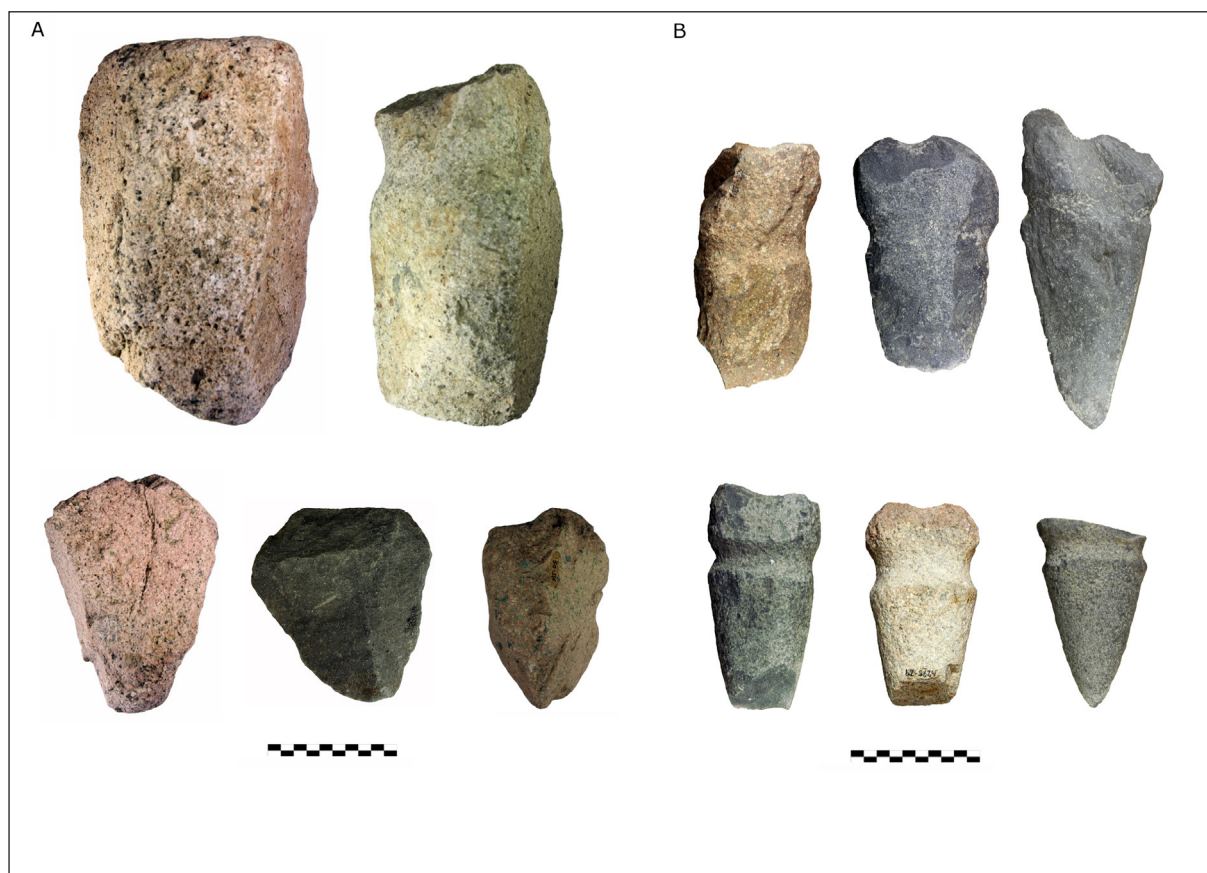


**Figura 3.** Fotografia de part del pou miner modern/contemporani, del pou prehistòric L1 i de les estructures mineres L2 i L3.

parets anguloses resultants de l'explotació moderna-contemporània i de l'exfoliació de la roca. Aquesta superfície ens plantejava la hipòtesi que fossin el resultat de la tècnica minera d'atac amb foc (*fire-setting*), una qüestió que estem provant de corroborar mitjançant anàlisis per termoluminescència. Ambdues, com la L1, estan seccionades pel pou miner modern, tot i que, en aquest cas, les poques restes conservades impedeixen determinar-ne la morfologia original. Segons la seva ubicació i tenint en consideració les característiques de la L1, podem interpretar les estructures de dues maneres diferents. O bé tenen l'origen en un únic pou vertical, avui desaparegut, que presentava dos petits atacs horitzontals a la base. O bé són el resultat de dos pous independents molt propers entre ells, igualment engolits per la mineria posterior.

Paral·lelament, es va continuar excavant el pou modern-contemporani amb mitjans mecànics fins arribar a una profunditat relativa de c. 6 m, punt en el qual es van haver d'abandonar els treballs per falta de mitjans suficients per continuar amb maquinària. Aquest pou té una morfologia el·lipsoïdal irregular (13 × 9 m) i les seves parets tendeixen a la verticalitat. La paret nord presenta un rebaix semicircular i graonat d'uns 3 m de longitud que es podria relacionar amb un sistema d'accés. La paret sud mostra la continuació del filó.

Al llarg d'aquestes tres campanyes d'excavació, els únics materials que s'han recuperat han estat 117 artefactes lítics prehistòrics de miner i alguns fragments de ceràmica informe vidrada. Les peces lítiques estaven en estrats de rebliment postprehistòrics, barrejades amb restes de l'època moderna-contemporània o,



**Figura 4.** Selecció d'útils lítics de miner que s'han documentat a la mina de la Turquesa (A), en comparació amb els procedents de la mina de la Solana del Bepo (B).

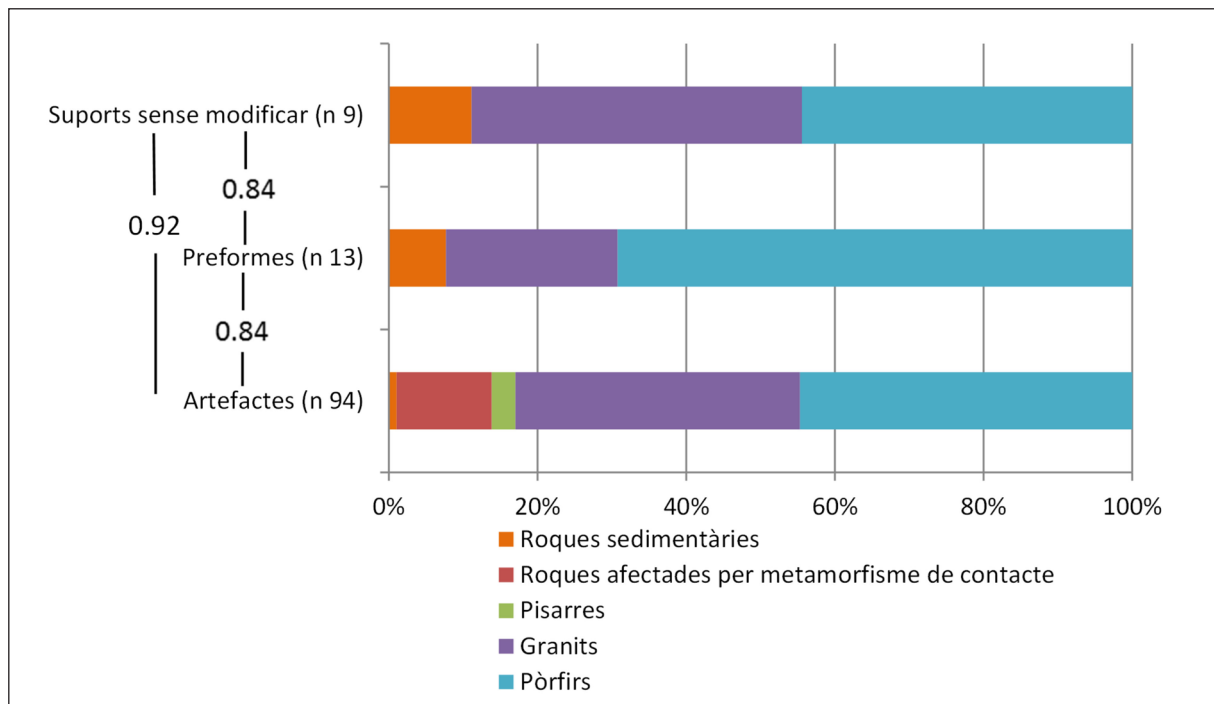
en algun cas, altmedieval. Aquest fet no ens ha de sorprendre, perquè és habitual que el rebliment o l'obliteració d'estructures mine- res recents aprofitin escombreres d'activitats extractives anteriors (Timberlake, 2003; Hunt Ortiz, 2005; Bouquet [et al.], 2006; Ambert [et al.], 2009). De la mateixa manera, és freqüent que, com en el cas que ens ocupa, els treballs de l'època històrica afectin de manera impor- tant les explotacions prehistòriques, ja que, en ocasions, és difícil documentar directament la mineria més antiga.

### ■ Estudi tecnològic i funcional dels artefactes macrolítics miners

Dels 117 artefactes miners recuperats, el grup majoritàriament més important està format per 93 útils (figura 4). Entre aquests, hi ha

76 pics, 11 percussors i 7 pics/percussors. La resta del conjunt el componen 13 preformes, 9 suports susceptibles d'emprar-se com a matèria primera en la producció d'artefactes i un petit nòdul. Un aspecte molt rellevant i que exposarem més endavant és la poca o mínima transformació que van patir aquests artefactes. El seu estudi, realitzat al labora- tori d'Arqueoecologia Social Mediterrània de la Universitat Autònoma de Barcelona (ASOME-UAB), ha inclòs una classificació petrogràfica, des dels punts macroscòpic i geomorfològic, una descripció morfomètrica dels artefactes i una caracterització traceolò- gica macro i mesoscòpica.

En relació amb les matèries primeres emprades, destaquen les roques porfíriques i graníti- ques, com el litotipus més intensament explotat (figura 5). En segon lloc, apareixen les roques més o menys afectades per metamorfisme de



**Figura 5.** Freqüències litològiques dels artefactes macrolítics del jaciment (suports, preformes i útils miners). S'indiquen els índexs de correlació ( $r^2$ ) entre els tres grups.

contacte o retrogradades. Sorrenques i pissarres, molt abundants en aquesta zona però que no estan afectades per metamorfisme de contacte, representen una minoria. Cal recordar, en aquest punt, que el procés de corneificació de les roques n'afavoreix la cohesió i la duresa davant de la resistència mecànica que el material pot oposar durant el seu ús, mentre que la seva absència equival a roques mecànicament poc resistents (Delgado-Raack i Gómez-Gras, 2017).

Tot i que no trobem roques retrogradades entre els suports i les preformes, els índexs elevats de correlació des de l'àmbit litològic indiquen que els tres grups formen part del mateix procés de producció d'eines mineres. Així mateix, disposem de dades suficients per interpretar aquests dos grups com a antigues eines trencades, modificades de manera secundària amb la finalitat d'allargar-ne l'ús. En el cas dels suports, és fa visible en l'alt percentatge d'exemplars fracturats (80%) i en l'absència d'un front actiu i d'una transformació prèvia a l'ús més enllà del pla de fractura. Un fet similar es documenta a les preformes, més de

la meitat de les quals apareixen fragmentades (63%) i presenten, a més, amb relativa freqüència, evidències de transformació prèvia a l'ús. Finalment, cal afegir que tant el pes com la mida d'ambdós grups en cap cas excedeix el de les eines, fet que dona suport a la nostra interpretació.

A més dels paral·lelismes en les freqüències litològiques en els tres grups esmentats, també hi ha coincidències en l'aspecte geomorfològic. En la gran majoria de casos es tracta de clasts, és a dir, suports poc rodats que presenten angles lleugerament arrodonits. Així passa en el 81,92% de les eines, el 92,3% de les preformes i el 100% dels suports. El punt de recollida de les matèries primeres explotades a la mina estava, per tant, relativament a prop dels afloraments primaris corresponents. La realització de tres recomptes litològics i geomorfològics en dipòsits secundaris que eren a prop a la mina va demostrar la gran similitud amb els artefactes recuperats. Això és especialment significatiu en el cas de les formacions que hi ha a l'altre costat del riu Arbolí, en què, a més, els suports recuperats són majoritàriament angulosos, fins

al punt que alguns són idèntics als que es van recuperar al mateix jaciment. En aquest punt, a més, segons dades de l'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya, hi ha un dic porfíric àcid més enllà del riu, a l'actual carretera C242, a prop del pic lo Molló, de 915 m d'altura.

Pel que fa a l'apartat tecnològic, els aspectes principals observats són una factura tosca de les eines i una modificació escassíssima del suport natural prèvia a l'ús. L'índex de transformació estimat per als pics i els percussors a partir del nombre de superfícies conservades i el nombre de superfícies elaborades (excloent-ne el dispositiu d'emmanegament) és de 0,2. Aquest valor és considerablement baix comparat amb les eines prehistòriques de la mina de la Solana del Bepo (Ulldemolins) que hi ha a prop, datada al bronze mitjà (índexs de transformació 0,6-0,8 (Delgado-Raack i Gómez-Gras, 2017, p. 55) (figura 4). Les poques evidències de preparació del suport queden patents en la instal·lació dels fronts actius que aprofiten angulositats o protuberàncies naturals existents en el clast seleccionat. En una minoria de casos es realitzen simples cops de talla per desprendre ascles, els negatius de les quals queden intactes i exempts de piqueteig. Els dispositius d'emmanegament tampoc constitueixen un atribut habitual, ja que només 13 (15,29%) de les 85 eines conservades íntegrament estan proveïdes de ranures o osques per a la seva prensió. Així mateix, la diversitat elevada de solucions que es van emprar indica que la manera d'adaptar el suport a l'emmanegament estava lluny de ser estandarditzada. Les osques poden aparèixer tant al taló, de manera individual o doble, com en una de les bandes longitudinals, de manera individual. Les ranures es presenten restringides al taló, ocupen  $\frac{3}{4}$  del terç proximal o constitueixen ranures perimetrals. Les dues darreres variants poden presentar o no addicionalment una ranura al taló. Finalment, s'han observat dos exemplars en els quals les osques i les ranures es combinen en un mateix dispositiu. Mentre que les ranures apareixen cobertes de fossetes, les osques estan formades per negatius d'extracció concoidals sense que hi hagi evidències addicionals de piqueteig.

El nombre baix d'eines amb evidències d'emmanegament, juntament amb l'alta variabilitat de solucions, suggereixen un tractament oportunista, en què les osques i les ranures, probablement, s'instal·laven com a retocs o arranjaments per allargar-ne l'ús. En la mateixa línia cal entendre el fet que alguns clasts mostrin depressions o concavitats naturals en la zona d'emmanegament.

Per tant, la modificació dels útils miners, més que mitjançant una modificació activa i reglada prèvia de la matèria primera, s'aconsegueix mitjançant la selecció de suports morfològicament apropiats per a la feina que havien de desenvolupar. S'hi aprofitaven les protuberàncies preexistents per instal·lar els fronts actius o, en alguns casos, per fixar els emmanegaments, de manera que la majoria de les eines conserven la morfologia original dels suports seleccionats.

L'estudi de traces d'ús de les superfícies actives es va basar en diversos tipus d'anàlisis que abasten l'observació macroscòpica i mesoscòpica. Així doncs, es va implementar una lupa estereoscòpica Olympus SZ-STU1 (20x-63x), adaptada per a objectes de grans dimensions, amb un tercer ocular per a la instal·lació d'una càmera digital. La valoració funcional de les eines ha tingut en consideració diversos aspectes, com ara la localització dels fronts de treball, les seves morfologia i orientació, i els elements qualitius de desgast.

Més de  $\frac{3}{4}$  parts de les superfícies de percussió s'instal·len sobre els extrems superior o inferior del suport, que n'afecten la superfície (cara) en tota la seva extensió. Aquestes àrees perpendiculars a l'eix de l'eina són precisament els punts en els quals el pes de l'artefacte pot actuar de manera més regular, controlada i eficient. Per contra, es van emprar angles dièdrics i angles polièdrics amb menys freqüència i intensitat. En relació amb els aspectes qualitius del desgast dels fronts actius, el patró més evident està representat per la pèrdua de matèria a través d'extraccions. Aquestes són recognoscibles macroscòpicament en forma de fractures concoidals, generalment de mida petita, i fractures esgraonades. Aquestes darreres indiquen l'execució de cops d'intensitat alta i s'estenen per la perifèria



del front actiu, sovint envaint les cares adjacents de l'eina, fet que produeix una deformació de la morfologia general. Un 80% de les superfícies classificades com a pics estan afectades per extraccions, mentre que la seva presència entre els percussors es redueix a un 40%.

En el cas específic dels pics, els quals inclouen fronts actius més apuntats, l'observació a més augments permet reconèixer que durant el seu ús (a) té lloc una renovació constant del relleu per pèrdua progressiva de matèria i (b) en el mateix front es poden associar manifestacions de desgast qualitativament diferent. En aquest sentit, són nombrosos els fronts bisellats amb extraccions a ambdós costats del tall que presenten una alternança de segments embotats (arrodonits) i aguts (frescs) (figures 6A i 6B). Sobre els vèrtexs i els bisells arrodonits es documenten relleus coberts de fossetes, en els quals, generalment, els minerals més tous com les biotites i, amb menys freqüència, minerals més durs com el quars apareixen fracturats i presenten els punts més deprimits (figura 6C). Tot i això, aquestes superfícies primordialment embotades sovint van acompanyades d'extraccions perifèriques que les tallen i els provoquen una pèrdua massiva de matèria (figura 6D). Excepcionalment, s'han observat superfícies amb traces linears, la majoria de les vegades rascaades, paral·leles al sentit de l'impacte (figura 6E). Aquestes, juntament amb les fossetes i les grans fractures concoidals, es vinculen amb un contacte dur del tipus pedra contra pedra.

Per bé que restringides a algunes superfícies, s'han registrat adherències de diverses tonalitats (verd, ocre, negre i groc), les quals rebleixen punts deprimits del relleu (figures 6F, 6G i 6H). A falta d'anàlisis composicionals, almenys en el cas de les adherències de color verd i ocre, no podem descartar que es tracti de restes de malaquita i cuprita. Es van documentar i analitzar residus similars en eines de la Solana del Bepo, i en un cas la seva composició coincideix amb els minerals cuprífers del jaciment (Montero-Ruiz, 2017). La presència d'aquestes adherències tant en pics com en percussors indica el seu possible contacte amb mineral de coure (figura 6F).

En resum, i jutjant pels resultats obtinguts, els pics i els percussors del jaciment s'han d'in-

terpretar com a eines clau en l'explotació de mineral de coure. Els pics van participar en l'extracció directa del mineral, bé resseguint vetes, bé desprenent fragments de roques. Els percussors també van entrar en contacte directe amb el mineral, però es van emprar, probablement, en tasques posteriors de matxucat o triturat per a l'eliminació de la ganga. Aquestes tasques van tenir lloc a la mateixa mina, prèviament al transport del mineral a altres zones, i es podrien haver realitzat directament sobre la roca del substrat o sobre plataformes lítiques, tot i que no tenim evidències d'eines similars al jaciment.

## ■ Anàlisis arqueomètriques i resultats obtinguts

Amb la finalitat d'obtenir el màxim de dades possibles s'han aplicat diverses tècniques analítiques, com ara els isòtops de plom, la fluorescència de raigs X i la difracció de raigs X. Aquestes anàlisis han aportat informació rellevant sobre les problemàtiques següents del jaciment.

### 1 Característiques del filó i dels minerals

En un primer moment vam recollir mostres de mineral del jaciment per identificar tant les espècies minerals que hi havia com la seva composició elemental. Per aconseguir el primer objectiu se'n van analitzar algunes mostres a la Universitat de Sevilla mitjançant la difracció de raigs X. Les anàlisis només van identificar minerals secundaris (atzurita i malaquita), raó per la qual vam optar per realitzar un estudi més complet. Aquest estudi, que es va realitzar als laboratoris dels Centres Científics i Tecnològics de la Universitat de Barcelona, va consistir en la presa d'11 mostres agafades directament sobre el filó i la roca que hi encaixa. Les mostres es van preparar en provetes polides per estudiar-les amb microscòpia òptica de llum reflectida, i en làmines primes per estudiar-les amb microscòpia de llum transmesa. La composició mineral

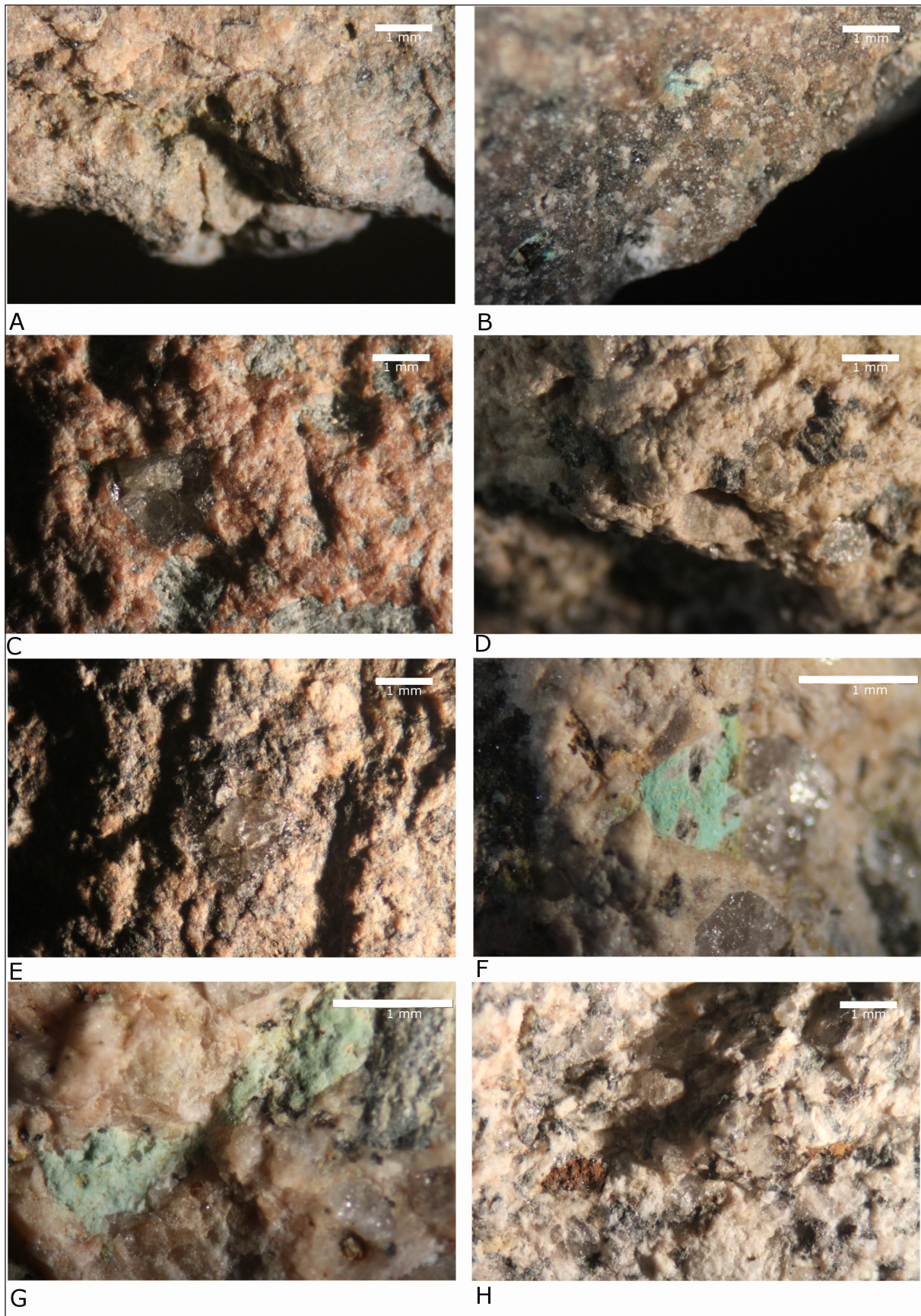


Figura 6. Traces d'ús que s'han documentat als fronts de percussió d'alguns dels útils miners. A-E i H = pics; F i G = percussors.

de les mostres més complexes es va determinar amb difracció de pols de raigs X.

Els resultats obtinguts, juntament amb les dades geològiques de la zona, indiquen que els filons de coure, encaixats en lidites amb nivells d'apatita de l'edat tournaisiana, presenten una estructura complexa. Més que un filó en el sentit estricte, es tracta d'una zona filoniana, amb un filó principal de gruix decimètric, tot i que arrosariat i, per tant, d'amplada molt variable, i un seguit de petits filonets i bossades que cimenten les zones de breixa. El conjunt de la zona mineralitzada arriba als 5 m d'amplada i aflora extensament. Per això, i per la proximitat amb la superfície topogràfica, s'ha pogut desenvolupar una zona notable de *gossan* i d'enriquiment supergènic. Tota la mineralització apareix molt fracturada per efecte de l'activitat continuada de les falles, però és als nivells superiors on la meteorització ha afavorit el desenvolupament d'una roca que es devia esmicolar encara més i es devia explotar més fàcilment a la prehistòria.

La mineralització primària, de quars, consta de pirita idiomorfa ( $\text{FeS}_2$ ) i calcopirita al·lotriomorfa ( $\text{FeCuS}_2$ ). La mineralització d'enriquiment supergènic es forma per reemplaçament de l'anterior per sota del nivell freàtic i consta de pseudomorfoosi dels sulfurs primaris per part de calcocita ( $\text{CuS}_2$ ), de color gris i llússor metàl·lica. En la capa més superficial es localitza la mineralització en forma de *gossan*, sens dubte la més espectacular. Ja en superfície, es veuen afloraments del filó amb una alteració ben desenvolupada. Els minerals normalment formen creixements en forma de crostes de gruix mil·limètric que aprofiten diversos tipus de porositat, al mateix temps que entapissen petites fractures i geodes. La majoria dels minerals són criptocristal·lins, per la qual cosa tenen llússor mat amb la mostra a la mà. El mineral més comú és la crandal·lita ( $\text{CaAl}_3(\text{PO}_4)(\text{PO}_3\text{OH})(\text{OH})_6$ ), que

forma crostes poc compactes de color entre blau pàl·lid i blau verdós, que es poden esmicolar fàcilment, encaixades entre les lidites esblanqueïdes. Presenta petites quantitats de coure que, tal vegada, podrien ser les responsables de la tonalitat blava anòmala en lloc de la comuna incolora. El segueix la malaquita ( $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$ ), el mineral més nombrós entre els 2 m i els 4 m de profunditat, que forma crostes fines de color verd característic. Per últim, trobem la goethita ( $\text{FeO}(\text{OH})$ ), que forma crostes marronoses o pàtines de color groguenc sobre les lidites.

Per tal d'acomplir el segon objectiu, establir la composició elemental dels minerals, es van sotmetre 22 mostres de mineral cuprífer a una anàlisi elemental mitjançant fluorescència de raigs X. Es va emprar l'equip INNOV-X sèrie Alpha del Museo Arqueológico Nacional, equipat amb un tub de raigs X i un ànode de plata, i les condicions de treball van ser de 35 kV i 2  $\mu\text{A}$ . Els temps d'adquisició es van fixar en 40 s i els valors que es mostren a la taula es van calcular a partir de calibratge validat amb patrons certificats. L'espectròmetre quantifica la proporció d'elements lleugers<sup>4</sup> (EL) que hi ha a la mostra, fet que permet obtenir una aproximació a la riquesa de la mostra mineral analitzada.

Els resultats obtinguts assenyalen l'existència de minerals de coure (Cu) i ferro (Fe) amb presència d'arsènic (As) a totes les mostres (figura 7). El níquel (Ni) es detecta en vuit casos, mentre que el plom (Pb), només en 2, i sempre en un percentatge proper al límit de detecció. Les proporcions d'arsènic són força variables. Aquest fet s'observa amb més claredat en algunes de les mostres analitzades dues vegades (PA22865 i PA22869). D'altra banda, en altres mostres la proporció As/Cu és superior al 5%, la qual cosa resultaria en la producció de coures arsenicals o metalls amb impureses elevades d'aquest element.

4. Identifica els elements amb nombre atòmic entre 13 (Al) i 20 (Ca) com a elements lleugers, i en calcula la presència si apareixen en proporció superior al 25%.

Anàlisi	Mineral	Referència	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Ag	Sn	Sb	Pb	Bi	LE	ratio As/Cu %
PA20591	Mineral Cu		0,7	ND	99	ND	0,27	ND	ND	ND	ND	ND		0,3
PA20592	Mineral blau Cu		14	ND	18,3	ND	0,79	ND	ND	ND	ND	ND	66,9	4,3
PA20593	Mineral blau Cu		6,72	0,1	85,9	ND	7,3	ND	ND	ND	ND	ND		8,5
PA20594	Mineral verd Cu		0,43	ND	17,9	ND	0,04	ND	ND	ND	ND	ND	81,6	0,2
PA20595	Mineral verd Cu		1,02	ND	23,7	ND	0,04	ND	ND	ND	ND	ND	75,2	0,2
PA20596	Mineral blau Cu		7,44	ND	15,6	ND	1,71	ND	ND	ND	ND	ND	75,2	11,0
PA20597	Mineral blau Cu		7,1	ND	90,5	ND	2,37	ND	ND	ND	ND	ND		2,6
PA24869	Mineral Cu	MT L1 ue27	1,99	0,02	25,4	ND	0,32	ND	ND	ND	ND	ND	72,2	1,3
PA24872A	Calcopirita	MT2015 QF	22,3	0,06	15	ND	2,09	ND	ND	ND	0,01	ND	60,1	13,9
PA24872B	Calcopirita	MT2015 QF	28,3	0,04	24,2	ND	1,61	ND	ND	ND	ND	ND	44,8	6,7
PA22860A	Mineral Cu	Mostra 1	1,8	ND	2,9	ND	0,08	ND	ND	ND	ND	ND	95,2	2,8
PA22860B	Mineral Cu	Mostra 1	1,98	ND	2,09	ND	0,06	ND	ND	ND	ND	ND	95,9	2,9
PA22861	Mineral blau Cu	Mostra 2	6,3	ND	24,5	ND	0,55	ND	ND	ND	ND	ND	68,6	2,2
PA22862	Mineral Cu	Mostra 3	0,92	0,09	97,5	ND	1,44	ND	ND	ND	ND	ND		1,5
PA22863	Mineral Cu	Mostra 4	0,89	0,02	6,81	ND	0,01	ND	ND	ND	ND	ND	92,3	0,1
PA22864	Mineral Cu	Mostra 5	0,95	0,03	13,3	ND	0,08	ND	ND	ND	ND	ND	85,7	0,6
PA22865A	Mineral Cu	Mostra 6	0,43	ND	10,9	ND	0,01	ND	ND	ND	ND	ND	88,7	0,1
PA22865B	Mineral Cu	Mostra 6	1,58	ND	15,6	ND	0,06	ND	ND	ND	ND	ND	82,8	0,4
PA22866	Mineral Cu	Mostra 7	3,81	ND	5,22	ND	0,19	ND	ND	ND	tr	ND	90,7	3,6
PA22867	Mineral Cu	Mostra 8	0,74	0,02	6,47	ND	1	ND	ND	ND	ND	ND	91,7	15,5
PA22867	Mineral Cu	Mostra 8	1,52	ND	31,5	ND	0,15	ND	ND	ND	ND	ND	66,8	0,5
PA22868	Mineral Cu	Mostra 9	1,44	ND	29,1	ND	0,14	ND	ND	ND	ND	ND	69,3	0,5
PA22869A	Mineral Cu	Mostra 10	0,49	ND	7,81	ND	0,06	ND	ND	ND	ND	ND	91,6	0,8
PA22869B	Mineral Cu	Mostra 10	0,87	ND	3,83	ND	0,04	ND	ND	ND	ND	ND	95,2	1,0
PA22870	Turquesa?	Mostra 11	0,38	ND	10,3	ND	0,13	ND	ND	ND	ND	ND	89,1	1,3

**Figura 7. Resultats de l'anàlisi elemental mitjançant fluorescència de raigs X de minerals del jaciment (% en pes). ND = No detectat.**

La presència d'arsènic és, doncs, la característica principal que diferencia els minerals del jaciment de la resta dels analitzats a la conca del Montsant. D'acord amb les dades existents, els minerals de la Solana del Bepo no contenen aquest element, mentre que la presència de zinc i plom és constant. Passa el mateix a les mines que hi ha a prop, els Crossos (Alforja), el Bessó (Cornudella de Montsant) i Barranc de Sant Joan (Ulldemolins). En la darrera mina, el coure detectat és més pur i hi ha menys quantitat de zinc i plom (Montero-Ruiz, 2017).

## 2 Àrees d'abastiment i relacions d'intercanvi

Per fer un apropament a aquesta qüestió, s'ha dut a terme una anàlisi d'isòtops de plom sobre 12 mostres de mineral. L'equip emprat és un espectròmetre de masses d'alta resolució i multicollector amb font de plasma acoblada inductivament (MC-ICP-MS Neptune), del laboratori del Servicio de Geocronología y Geoquímica Isotópica de la Universitat del País Basc. L'error intern estàndard de les mesures

és sempre inferior al 0,01% i es verifica amb l'anàlisi del material de referència NBS-997 (Montero-Ruiz [et al.], 2012a).

Els resultats obtinguts mostren un camp isotòpic molt ampli amb valors altament radiogènics (figura 8). Amb el nombre de mostres actuals, la distribució es pot dividir en dos grups, en espera que la part intermèdia s'ompli amb noves anàlisis en el futur.

Són, precisament, aquests valors radiogènics els que serveixen per diferenciar el camp isotòpic de la mina de la Turquesa dels de la resta de mines de la conca del Montsant amb dades isotòpiques (Solana del Bepo, Crossos, Barranc Fondo), així com dels de la mina Linda Mariquita, a la conca de Molar-Bellmunt-Falset. Com es pot veure a la gràfica, els solapaments són mínims. Així mateix, i des del punt de vista de la composició elemental dels minerals, aquests també es distingeixen amb claredat. Les diferències principals, com ja hem esmentat, són la presència d'arsènic en aquesta mina en oposició a la de plom i zinc a la resta de mines del Montsant. En el cas de la mina Linda Mariquita, els seus minerals es caracteritzen per pertànyer a la família de la tennantita ( $\text{Cu}_{12}\text{As}_4\text{S}_{13}$ ), amb arsènic, antimoni i plata com a elements principals (Montero-Ruiz [et al.], 2012b).

La comparació entre els valors d'isòtops de plom de la mina i dels objectes metàl·lics o relacionats amb la metal·lúrgia prehistòrica de la Catalunya meridional ha aportat dades de gran rellevància (figura 8). S'ha detectat una bona correspondència amb els valors d'un vas de reducció procedent de la Balma del Duc (Montblanc) i un punxó de coure de la Coveta de l'Heura (Ulldemolins), que són jaciments ubicats a menys de 50 km de la mina. En ambdós casos es tracta de coures amb arsènic de forma minoritària o amb impureses. Balma del Duc és un abríc amb materials del III i II mil·lenni cal BC excavat a finals dels anys setanta del segle xx (Solé, 1982). Per desgràcia, se sap poca cosa o res del context de la troballa, tot i que no hi ha dubte de la seva atribució prehistòrica (Soriano, 2013). Coveta de l'Heura és una petita cavitat paradolmènica amb materials igualment barrejats, tot i que una revisió recent ha permès establir-ne tres horitzons cro-

nològics clars: calcolític, bronze antic-mitjà i alta edat mitjana (Rafel [et al.], 2016). S'hi van documentar elements vinculats amb la producció metal·lúrgica (minerals de coure, vas de reducció) i una dena de plom –l'única que hi ha a tot Catalunya–, però les seves *ratios* isotòpiques no coincideixen amb les de la mina de la Turquesa. Al contrari, el punxó esmentat es desmarca clarament d'aquests, ja que és l'únic que presenta arsènic i el seu context devia ser, amb molta probabilitat, un ús funerari múltiple del calcolític recent.

Considerant que el mineral i els objectes de metall de Coveta de l'Heura suggereixen l'ús local de les mines de la conca del Montsant en algun moment de la prehistòria, cobra sentit que la mina de la Turquesa hagués estat una de les explotades, a la llum de les evidències d'explotació prehistòrica ja esmentades. A banda d'aquesta mina i de la mina de la Solana del Bepo, no hi ha cap altra evidència arqueològica d'explotació minera prehistòrica a la zona.

## ■ Cronologia i conclusions

La recerca a l'àmbit minero-metal·lúrgic realitzada en els darrers anys, ens permet aproximar-nos amb certa precisió al caràcter de les explotacions prehistòriques del nord-est peninsular i, més concretament, de la nostra àrea d'estudi, la comarca del Priorat. En aquesta àrea es van explotar, fonamentalment, vetes de minerals de coure i plom. Des d'un punt de vista diacrònic, el caràcter i la magnitud de les explotacions presenta alguns aspectes diferencials força clars. Les de coure, en tots els casos i independentment del territori i la cronologia, tenen un abast limitat i són predominants a la conca minera del Montsant (Alt Priorat). Les explotacions de galena, en canvi, presenten una diferenciació clara entre els períodes anteriors i posteriors al segle VII i tenen l'epicentre a l'àrea minera Molar-Bellmunt-Falset (Baix Priorat). Durant el calcolític recent la galena es va utilitzar de manera molt puntual, període del qual a l'actualitat es té un únic objecte de plom, procedent de la Coveta de l'Heura a Ulldemolins (Rafel [et al.], 2016). En el primer

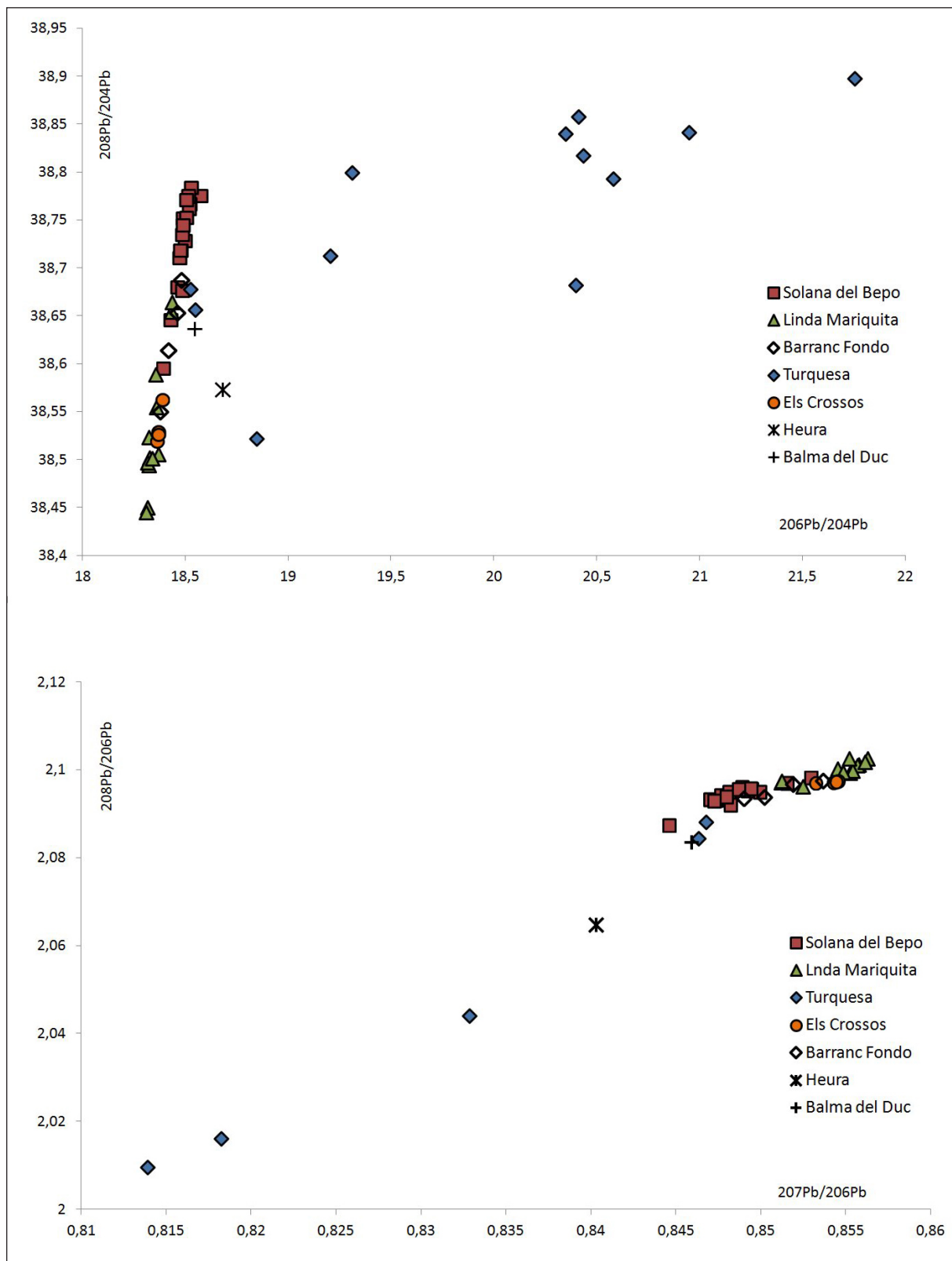


Figura 8. Diagrames de distribució dels valors d'isòtops de plom de la mina de la Turquesa en relació amb altres mines del Priorat, al punxó de Coveta de l'Heura (Ulldemolins) i al vas de reducció de Balma del Duc (Montblanc).

mil·lenni BC, en canvi, la zona minera Molar-Bellmunt-Falset emergeix com la més important del nord-est en relació amb l'explotació de la galena i, tot i que el seu pes no es pot comparar amb altres zones peninsulars com el sud-est o la conca de Linares, és l'única en tot el nord-est amb capacitat per proporcionar quantitats de mineral suficientment atractives com per generar un intercanvi a mitja i llarga distància (Rafel [et al.], 2018).

La cronologia és l'element central per situar la mina de la Turquesa en el seu context. Les dades que tenim són, en síntesis, les següents. D'una banda, l'evidència material de les eines lítiques mineres (pics, pics/percussors i percussors), que s'emmarquen en un horitzó prehistòric. D'altra banda, les datacions radiomètriques obtingudes en el sediment que farcia el pou L1 i que ens han proporcionat una datació *ante quem* que correspon a l'alta edat mitjana. Finalment, la correspondència isotòpica de la mina amb materials arqueològics que s'emmarquen entre el calcolític recent i el bronze antic-mitjà.

L'instrumental lític recuperat mostra la coexistència de pics poc elaborats juntament amb d'altres, minoritaris, més elaborats i complexos. Aquests darrers són similars als que s'han documentat a la veïna mina de la Solana del Bepo (Ulldemolins), on tenim datacions radiomètriques que la situen al bronze mitjà (Rafel [et al.], 2019). El conjunt macrolític es pot interpretar com el resultat de dos subconjunts diferents, un de més antic i rudimentari des del punt de vista de la factura i un altre de més modern i d'elaboració més acurada, o bé com a resultat de dos tradicions disperses i coetànies, com, de fet, passa en altres mines europees. En el cas dels pics amb una elevada modificació en el sistema de premsió (emmanegament en T), que són poc freqüents a la mina de la Turquesa però majoritaris a la de la Solana del Bepo (figura 4), s'ha posat de manifest que no apareixen en contextos miners europeus amb anterioritat a l'edat del bronze (Rafel Fontanals i Soriano, 2017). Al contrari, els que estan menys modificats (ranura transversal, lleugers rebaixos laterals) o no tenen cap modificació es documenten al

llarg de tota la prehistòria, en àrees geogràfiques i geològiques molt disperses, i, a més, hi ha convivència cronològica i espacial d'eines amb modificacions i sense en diverses explotacions. Aquestes dades, que no són excessivament concloents, permeten situar la mina de la Turquesa en la mateixa dinàmica que altres mines prehistòriques europees, en les quals la identificació cronològica constitueix una tasca complexa i poc agraïda.

En relació amb les dues datacions radiomètriques obtingudes, ja hem comentat que provenen del nivell de rebliment del pou L1. Aquestes datacions, que s'han realitzat sobre mostres de pol·len i de sediment, aporten unes valors situats entre 669-865 cal AD i 879-1013 cal AD, respectivament. Ens movem, doncs, en una datació *ante quem* entre els segles VII i X AD, que indica el moment de rebliment del pou. No podem descartar, però, que aquest estigués obert i fos abandonat des de la prehistòria. Una altra qüestió és fixar la cronologia tant d'aquesta estructura minera com de la de les restants (L2 i L3). La mineria prehistòrica europea disposa d'innombrables exemples que mostren l'àmplia varietat de tipus d'explotació i de tècniques emprades. Aquestes tècniques varien des de rases horitzontals i quasi superficials que segueixen el filó fins a explotacions subterrànies de grans dimensions amb galeries horitzontals i pous de ventilació. Aquesta diversitat no mostra una escala cronològica de menys a més complexitat, sinó que respon a diverses variables de tipus geològic, tecnològic i social. Per tant, és complicat, si no impossible, establir la cronologia de les estructures mineres fixant-nos només en aquesta variable. A favor de la cronologia prehistòrica de la L1, cal mencionar que l'excavació de les parets es va realitzar amb instruments de pedra, sense la intervenció de cap instrument metàl·lic, fet que la situa a l'època preromana. De la resta d'estructures no tenim prou dades per establir-ne una cronologia amb claredat. Estem, però, esperant que arribin els resultats obtinguts amb termoluminescència no només per comprovar l'ús de la tècnica de l'atac amb foc, sinó també per provar de fixar-ne una cronologia aproximada.

Una qüestió ja fora de l'àmbit prehistòric i que té interès és si es va explotar també la mina a l'època tardoantiga i durant el domini islàmic. És molt possible que fos així, tot i que no hem trobat evidències materials que ens permetin afirmar-ho més enllà de les dues datacions radiomètriques esmentades. La mineria andalusí va ser important a la península Ibèrica, i, en concret, sabem que entre els segles XI i XII, i potser abans, els andalusins van explotar galena (*alcohol*) de la conca prioratina de Molar-Bellmunt-Falset. Aquesta galena era coneguda per la seva qualitat i s'exportava a l'Orient (Vallvé, 1980 i 1996), raó per la que és esmentada pel geògraf del segle XI Al-Bakri (Bramon, 2000, p. 87). A l'alta edat mitjana, l'Alt Priorat estava presidit pel *hisn* de Šabrāna o Šibrāna (actualment Siurana), que es va construir cap al segle IX amb la finalitat de controlar, juntament amb el suport d'una xarxa d'establiments defensius al seu voltant, l'ampli territori que en depenia (Menchón, 2006). Tenim poques dades del districte andalusí de Siurana: algunes necròpolis integrades per unes poques tombes i dades indirectes que proporcionen les cartes de població atorgades durant la segona meitat del segle XII, després de la conquesta feudal (1153-1154) (Menchón, 2012). Sabem que el poblament s'articulava a partir de petits nuclis agrícoles i ramaders, almúnies i alqueries disperses per la comarca (Bolós Masclans [et al.], 2016). D'altra banda, la revisió recent de cavitats funeràries, com la Coveta de l'Heura, reflecteixen l'existència d'enterraments que es poden datar en aquest període, i que aporten elements nous a l'arqueologia funerària andalusina (Rafel [et al.], 2016).

La darrera dada cronològica que cal considerar és la correspondència en els valors d'isòtops de plom entre la mina i altres materials minero-metàl·lics documentats a l'àrea d'estudi. El primer objecte amb el qual hi ha identitat és un vas de reducció sense context estratigràfic procedent de Balma del Duc (Montblanc), a la veïna comarca de la Conca de Barberà (Solé, 1982. Els vasos de reducció estan en ús a la península Ibèrica des del calcolític fins al bronze antic i mitjà. Durant el bronze final, la tecnologia de forn comença a substituir-les, però en algunes zones peninsulars continua

en ús en contextos de la II edat del ferro (Rovira, 2004). És important assenyalar que tant en aquest jaciment com en d'altres que hi ha a prop, que tenen vasos de reducció localitzats fora de context (Coveta de l'Heura, Cova del Buldó a la Bartra), no es documenten materials datats al bronze final o a l'edat del ferro. Cal, per tant, atribuir-los en un lapse temporal entre el calcolític recent i el bronze mitjà (Rafel Fontanals i Soriano, 2017). El segon objecte amb correspondència isotòpica és el punxó de coure arsenical de Coveta de l'Heura. En el cas que ens ocupa, tot i les dificultats d'interpretació de l'estratigrafia del jaciment, vam proposar per al punxó una cronologia del calcolític recent, vinculada a un enterrament col·lectiu. Aquesta interpretació es va basar, com ja hem exposat, d'una banda, en l'anàlisi conjunta dels materials arqueològics recuperats i, de l'altra, en les diferències en composició elemental i isotòpica entre el punxó i la resta d'elements metàl·lics del jaciment (Rafel [et al.], 2016). Els punxons, manufacturats en coure i bronze, són freqüents al nord-est peninsular i abasten una cronologia des del calcolític fins al bronze antic i mitjà, per bé que alguns tipus perduren fins al bronze final. Tot i això, el context majoritari d'aquestes eines és funerari i són especialment presents en inhumacions del calcolític recent (Soriano, 2013).

Cronològicament parlant, doncs, podem afirmar que la mina de la Turquesa es va explotar a l'època prehistòrica. Amb tota probabilitat dins un lapse temporal que podem situar entre el calcolític recent i el final del bronze mitjà, i amb una probabilitat raonable al calcolític recent. Els elements centrals que donen suport a aquesta afirmació resideixen en el conjunt d'eines lítiques mineres que s'han recuperat i en les identitats isotòpiques de la mina i les peces minero-metàl·liques d'aquesta cronologia.

## ■ Agraïments

Aquest treball ha estat possible gràcies als projectes consecutius HUM2004-04861-C03, HUM2007-65725-C03 i, els més recents: "Procesos sociales, tecnológicos y económi-



cos en la explotació de recursos minerals del Priorat (Cataluña): una visió diacrònica” (HAR2010-21105-C02-01); “Relación entre materias primas locales y producción metalúrgica: Cataluña meridional como modelo de contraste” (HAR2010-21105-C02-02); “Recursos minero-metálicos, intercambio y comercio en la Prehistoria y la Protohistoria Peninsular (Cataluña y Norte del País Valenciano) (HAR2014-54012-P), i “Minería y Metalurgia en la Cataluña Meridional: de la Prehistoria a Época Medieval (2014-2017)” de la Generalitat de Catalunya. L'estudi de l'estructura i la mineralogia de la mina l'ha realitzat el grup de recerca consolidat Grup Recursos Minerals: Jaciments, Aplicacions i Sostenibilitat (2014-SGR-1661) de la Generalitat de Catalunya.

## Bibliografia

- AMBERT, Paul [et al.]. “The Copper Mines of Cabrières (Hérault) in Southern France and the Chalcolithic Metallurgy”. A: KIENLIN, Tobias L.; ROBERTS, Ben W. (ed.). *Metals and Societies. Studies in honour of Barbara S. Ottaway*. Bonn: Verlag Dr. Rudolf Habelt GmbH, 2009, p. 285-295. (Universitätsforschungen zur Prähistorischen Archäologie; 169).
- BARECHE, Eugeni. “Mines de Catalunya. Cornudella del Montsant (Priorat)”. *Mineralogistes de Catalunya: Revista de Mineralogia i Paleontologia* [Barcelona: Grup Mineralògic Català], vol. VII, núm. 1 (1997), p. 16-21.
- BOLÓS MASCLANS, Jordi [et al.]. *Caracterització històrica del paisatge del Priorat-Montsant-Siurana*. Tarragona: Generalitat de Catalunya; Diputació de Tarragona; Observatori del Paisatge, 2016.
- BOUQUET, Louis [et al.]. “Les Neuf-Bouches (district minier Cabrières-Péret), la plus ancienne exploitation minière de cuivre de France: travaux récents, conséquences”. *Bulletin de la Société Préhistorique Française* [Nanterre: Maison de l'archéologie et de l'ethnologie], vol. 10, núm. 1 (2006), p. 143-159.
- BRAMON, Dolors. *De quan érem musulmans. Textos del 713 al 1010*. Barcelona: Eumo Editorial; Institut Universitari d'Història Jaume Vicens Vives; Institut d'Estudis Catalans, 2000.
- DELGADO-Raack, Selina; GÓMEZ-GRAS, David. “Technological-functional Study of the Macrolithic Artefacts from Solana del Bepo”. A: RAFEL FONTANALS, Núria; SORIANO, Ignacio; DELGADO-RAACK, Selina (ed.). *Revista d'Arqueologia de Ponent* [Lleida: Universitat de Lleida], núm. extr. 2 (2017), p. 45-63: *A Prehistoric Copper Mine in the North-East of the Iberian Peninsula: Solana del Bepo (Uldemolins, Tarragona)*.
- HUNT ORTIZ, Mark A. “La explotación de recursos minerales en Europa y la Península Ibérica durante la Prehistoria”. *Bocamina: Patrimonio Minero de la Región de Murcia*. Vol. 1. Murcia: Universidad de Murcia; Museo de la Ciencia y del Agua, 2005, p. 3-18.
- MATA PERELLÓ, Josep M. *Els minerals de Catalunya*. Barcelona: Institut d'Estudis Catalans, 1990.
- MELGAREJO, Joan Carles. *Estudi geològic i metal·logenètic del paleozoic del sud de les serralades costaneres catalanes* [tesi doctoral inèdita]. Barcelona: Universitat de Barcelona, Departament de Cristal·lografia, Mineralogia i Dipòsits Minerals, 1987.
- MENCHÓN, Joan. “Necrópolis y “Husun”: dos aspectos de la arqueología de Tarragona anterior a la conquista feudal”. *Sautuola* [Santander: Instituto de Prehistoria y Arqueología Sautuola], vol. 12 (2006), p. 331-348.
- MENCHÓN, Joan. “Necrópolis de l'antiguitat tardana i alta edat mitjana a les comarques del Camp de Tarragona, Conca de Barberà i Priorat”. A: MOLIST, Núria; RIPOLL, Gisela (ed.). *Arqueologia funerària al nord-est peninsular (segles VI-XII)*. Olèrdola: Museu d'Arqueologia de Catalunya, 2012, p. 125-154. (Monografies d'Olèrdola; 3).
- MONTERO-RUIZ, Ignacio. “La Solana del Bepo from an archaeometallurgical perspective”. A: RAFEL FONTANALS, Núria; SORIANO, Ig-

- nacio; DELGADO-RAACK, Selina (ed). *Revista d'Arqueologia de Ponent* [Lleida: Universitat de Lleida], núm. extr. 2 (2017), p. 65-79: *A prehistoric copper mine in the North-East of the Iberian Peninsula: Solana del Bepo (Ulldemolins, Tarragona)*.
- MONTERO-RUIZ, Ignacio [et al.]. "Minería prehistórica en el Priorato: Caracterización arqueométrica de minas de Cornudella y Ulldemolins". A: MATA-PERELLÓ, Josep M. (ed.). *El patrimonio minero y metalúrgico a lo largo de la Historia: Libro de actas del VII Congreso Internacional sobre Minería y Metalurgia Históricas en el Suroeste Europeo (Utrillas, 2012)*. Barcelona: Sociedad Española para la Defensa del Patrimonio Geológico y Minero, 2012a, p. 131-140.
- MONTERO-RUIZ, Ignacio [et al.]. "Pre-Roman Mining Activities in the El Molar-Bellmunt-Falset District (Tarragona, Spain): Indirect Proofs Based on Lead Isotopes Analysis". A: *Mining in European History and its Impact on Environment and Human Societies. Proceedings for the 1st Mining in European History-Conference of the SFB\_HIMAT, 12-15 November 2009*. Innsbruck: Innsbruck University Press, 2010, p. 115-121.
- MONTERO-RUIZ, Ignacio [et al.]. "El cobre de Linares (Jaén) como elemento vinculado al comercio fenicio en el Calvari del Molar (Tarragona)". *Menga: Revista prehistórica de Arqueología* [Sevilla: Conjunto Arqueológico Dólmenes de Antequera], vol. 3 (2012b), p. 167-184.
- RAFEL, Núria. "La cuenca minera del Baix Priorat (Tarragona): explotación y distribución en época colonial. Recursos locales versus recursos alóctonos". *Cuadernos de Arqueología Mediterránea* [Barcelona: Universitat Pompeu Fabra], núm. 21 (2012), p. 71-85: *Interacción social y comercio en la antesala del colonialismo: Actas del seminario Internacional celebrado en la Universidad Pompeu Fabra el 28 y 29 de marzo de 2012*.
- RAFEL, Núria; MONTERO, Ignacio; CASTANYER, Pere. "Plata prerromana en Cataluña. Explotación y circulación del plomo y la plata en el primer milenio a.n.e.". *Revista d'Arqueologia de Ponent* [Lleida: Universitat de Lleida], núm. 18 (2008), p. 243-328.
- RAFEL, Núria [et al.]. "New Absolute Datings for a Prehistoric Copper Mine: Solana del Bepo (Ulldemolins, Tarragona province, Spain) (pendent d'acceptació). *Mediterranean Archaeology and Archaeometry* [Mytiline: University of the Aegean], (2018).
- RAFEL, Núria [et al.]. "New approaches on the archaic trade in the North-Eastern Iberian peninsula: exploitation and circulation of lead and silver". *Oxford Journal of Archaeology* [Oxford: University of Oxford], vol. 29, núm. 2 (2010), p. 175-202.
- RAFEL FONTANALS, Núria [et al.]. *Revista d'Arqueologia de Ponent* [Lleida: Universitat de Lleida], núm. extr. 3 (2018): *Prehistoric Copper Mining in the North-East of the Iberian Peninsula: La Turquesa or Mas de les Moreres mine (Cornudella de Montsant, Tarragona, Spain)*.
- RAFEL FONTANALS, Núria [et al.]. "L'activité minière préhistorique dans le Nord-Est de la péninsule Ibérique. Étude sur la Coveta de l'Heura et l'exploitation du cuivre à la Solana del Bepo (Tarragone, Espagne)". *Bulletin de la Société Préhistorique Française* [Nanterre: Maison de l'archéologie et de l'ethnologie], vol. 113, núm. 1 (2016), p. 95-129.
- RAFEL FONTANALS, Núria; SORIANO, Ignacio. "By Way of Conclusion: Solana del Bepo and its Context, an Assessment". A: RAFEL FONTANALS, Núria; SORIANO, Ignacio; DELGADO-RAACK, Selina (ed). *Revista d'Arqueologia de Ponent* [Lleida: Universitat de Lleida], núm. extr. 2 (2017), p. 83-91: *A prehistoric copper mine in the North-East of the Iberian Peninsula: Solana del Bepo (Ulldemolins, Tarragona)*.
- RAFEL FONTANALS, Núria [et al.]. "Lead and Copper Mining in Priorat County (Tarragona, Spain): From Cooperative Exchange Networks to Colonial Trade (2600-500 BC)". A: ARMADA, Xosé-Lois; MURILLO-

- BARROSO, Mercedes; CHARLTON, Mike (ed.). *Metals, Minds and Mobility: Integrating Scientific Data with Archaeological Theory*. Oxford: Oxbow Books, 2018.
- RAFEL FONTANALS, Núria; SORIANO, Ignacio; DELGADO-RAACK, Selina (ed.). *Revista d'Arqueologia de Ponent* [Lleida: Universitat de Lleida], núm. extr. 2 (2017): *A prehistoric copper mine in the North-East of the Iberian Peninsula: Solana del Bepo (Ulldemolins, Tarragona)*.
- REIMER, Paula J. [et al.]. "IntCal13 and MARINE13 Radiocarbon Age Calibration Curves 0-50000 years cal BP". *Radiocarbon* [Tucson: University of Arizona], vol. 55, núm. 4 (2013), p. 1869-1887.
- ROVIRA, Salvador. "Tecnología metalúrgica y cambio cultural en la prehistoria de la Península Ibérica". *Norba: Revista de Historia* [Badajoz: Universidad de Extremadura], vol. 17 (2004), p. 9-40.
- SOLÉ, Maties. "Balma del Duc, Montblanc". A: *Les Excavacions Arqueològiques a Catalunya en els darrers anys*. Barcelona: Generalitat de Catalunya, 1982, p. 129-130. (Excavacions Arqueològiques a Catalunya; 1)
- SORIANO, Ignacio. *Metalurgia y Sociedad en el Nordeste de la Península Ibérica (finales del IV-II milenio cal ANE)*. Oxford: Archeopress, 2013. (BAR International Series; 2502)
- TIMBERLAKE, Simon. *Excavations on Copa Hill, Cwmystwyth (1986-1999). An Early Bronze Age Copper Mine Within the Uplands of Central Wales*. Oxford: Archeopress, 2003. (BAR British Series; 348)
- VALLVÉ, Joaquín. "La industria en Al-Ándalus". *Al-Qantara* [Madrid: Instituto de Lenguas y Culturas del Mediterráneo y el Próximo Oriente; Consejo Superior de Investigaciones Científicas], vol. 1 (1980), p. 209-241.
- VALLVÉ, Joaquín. "La minería en Al-Ándalus". A: *Actas de las I Jornadas sobre minería y tecnología en la Edad Media Peninsular*. León: Fundación Hullera Vasco-Leonesa, 1996, p. 56-64.