

# *De bronzistes a ferrers: dinàmica de la metal·lúrgia protohistòrica al nord-est peninsular*

*M. Carme Rovira i Hortalà*

## *Introducció*

*La producció i la transformació del metall al nord-est peninsular durant la prehistòria i la protohistòria és una de les activitats econòmiques més desconegudes. Diverses síntesis sobre el tema (Maluquer, 1972; Rauret, 1976; Ruiz Zapatero, Rovira Port, 1994-1996) conflueixen en una idea bàsica de partida: la presentació d'aquesta àrea cultural com a deficitària en recursos minerals i, per tant, dependent d'altres zones productives, cosa que es pot matisar —Pérez Arrondo, López de Calle, 1986; Martín Bueno, Pérez Arrondo, 1989; Rovira Hortalà, 1993—*

*Aquí no tractarem de manera exhaustiva qüestions tipològiques relatives als objectes metal·lics, perquè excediríem els límits d'aquest treball, en el qual preferim emfasitzar els aspectes productius, que són sempre menys divulgats o centrats quasi exclusivament en l'estudi dels motlles de fosa, malgrat que el ventall d'evidències metal·lúrgiques sigui molt més ampli. A més a més, en els darrers temps s'han realitzat avenços significatius en la determinació de composicions i tècniques de manufactura de les peces, i en el coneixement dels espais i les infraestructures de treball.*

## *La metal·lúrgia del bronze*

### *Les primeres produccions*

L'inici de les activitats metal·lúrgiques productives a l'actual territori català se situen en el calcolític: a la Cova de Sa Guilla, de Calonge (Baix Empordà) aparegué un còdol de doble cúpula (TOLEDO, 1990), un tipus que a la propera àrea francesa de Cabrières (Hérault) s'associa estretament als primers treballs minerometal·lúrgics, en tant que peça passiva de percussió.

A més, a la Bauma del Serrat del Pont (Tortellà, la Garrotxa) s'han recuperat recipients utilit-

zats per convertir el mineral en metall, restes de fosa i productes de coure i de bronze (ALCALDE *et al.*, 1997). La datació radiocarbònica ( $3840 \pm 90$  BP) d'un punxó de bronze de la fase següent, no sols reafirma fefaentment la presència del nou aliatge en un moment cronològicament anterior del que s'havia suposat tradicionalment, sinó que representa la troballa més antiga d'aquest tipus de la península Ibèrica datada amb exactitud i confirma la dinàmica d'expansió europea del metall en sentit nord-sud (FERNÁNDEZ MIRANDA *et al.*, 1995).

Enquadrades de manera genèrica en els períodes del Bronze antic i mitjà, trobem evidències de producció metal·lúrgica disperses arreu del nord-est. Els focus d'extracció minera i de transformació metal·lúrgica del moment se situen a les àrees de Navarra, el Solsonès, l'Alt Urgell, la Noguera i el Priorat i el Baix Camp, tal i com recullen Rauret (1976), Pérez Arrondo i López de Calle (1986) i Martín Bueno i Pérez Arrondo (1989).

Mentrestant a la conca mitjana de l'Ebre hi ha evidències de fosa en forma de motlles i gresols (RODRÍGUEZ DE LA ESPERANZA, 1996). Hi destaca l'assentament a l'aire lliure de Minferri (Juneda, les Garrigues) per la identitat i la quantitat d'estrils localitzats, associats a rebutjos metàl·lics i a una cubeta de combustió (ROVIRA HORTALÀ, 1996, en premsa).

Les proporcions dels aliatges caracteritzats analíticament no són homogènies, ja que si, per exemple, en alguns punts com el darrer jaciment presenten una proporció d'estany considerable, en llocs propers com l'abric de Punta Farisa (Fraga) s'utilitzen punxons de bronze de menor qualitat (ROVIRA LLORENS, 1989-1990).

Pel que fa el Bronze final cal fer una distinció per etapes. En el període dels Camps d'Urnes antics (1200-900 aC) el volum d'informació referent al quadrant nord-oriental peninsular està format per evidències de fosa, bàsicament motlles, com el conjunt de Masada de Ratón, estudiat per (GARCÉS, 1984), i del Rigal de Pidola (RUIZ ZAPATERO i ROVIRA PORT, 1994-1996, 34-35) i el forn de Genó (MAYA, 1982).

### La transició cap a l'Edat de Ferro: un moment àlgid

La situació canvia radicalment durant el període dels Camps d'Urnes recents (900-700 aC):

1. Si no s'indica una altra cosa, les anàlisis de composició dels materials de coure i de bronze dels jaciments citats en aquest treball s'han efectuat amb idèntica metodologia (espectroscopia d'emissió - fluorescència de raigs X) i equipament tècnic, en el marc del projecte «Arqueometalúrgia de la Península Ibèrica. tecnologia y cambio cultural durante la Edad del Bronce» DGICYT (PB92-0315). És un sistema d'anàlisi no destructiu que aporta dades qualitatives i quantitatives de gran exactitud, efectuat amb infraestructura tècnica i personal especialitzada en l'anàlisi de metalls antics i la seva interpretació, cosa que assegura la validesa dels resultats. Els detalls d'aquesta metodologia i la comparació amb l'emprada per altres laboratoris o grups de recerca es pot consultar detalladament a Montero (1994: 38 - ss.).

augmenta la quantitat i la varietat de peces metàl·liques, i s'incrementa enormement el nombre de motlles concebuts que presenten millores tècniques, com els forats de subjecció, i se situen sobretot al llarg de l'Ebre mitjà i els seus afluents, formant una concentració excepcional a la península (RAURET, 1976). Eiroa (1980) xifra el nombre d'exemplars en un centenar, distribuïts en uns 20 jaciments.

Alguns d'aquests poblats sobresurten ara sobre la resta en la producció de béns metàl·lics, tant per l'acumulació de motlles en determinades habitacions (Cabezo de Monleón, Roquízal del Rullo i Cortes de Navarra) com per disposar de petits forns metal·lúrgics semiexcavats en el subsòl i amb revestiment intern i coberta de tendència cupular d'argila cuita.

Els forns de Cabezo de Monleón, agrupats en una mateixa zona (cases 32 i 33), on també hi havia algun motlle, són de planta ovalada i d'un metre de diàmetre aproximadament (BELTRÁN i ÀLVAREZ, 1987, 59-69). Dins el forn de Cortes es féu, a més, una troballa significativa: fragments de dos lingots o pans planoconvexos de coure (MALLUQUER *et al.*, 1990: 157, 160-161).

Aquests forns corresponen al nivell P.III o moment inicial del poblament, tradicionalment establert entre mitjans del segle IX i finals del segle VIII, el qual, en funció de recents datacions radiocarbòniques, s'ha fet retrocedir entre el segle XI i la primera meitat del segle VIII aC (MUNILLA *et al.*, 1994-1996).

Caldria, però, esbrinar quina finalitat concreta tenia cadascun d'aquests forns (dels quals no se'n sol donar gaires detalls a la bibliografia): si la de produir el metall en brut a partir de mineral, o només la de refondre'l i refinar-lo per crear peces o amortitzar-les, tal com han estat classificats els forns de Monleón i Záforas (Álvarez, Bachiller, 1994-1996, 180).

La cronologia d'altres forns (Rovira Hortalà, 1993) i de lingots similars es difícil de precisar i sol atribuir-se genèricament al Bronze final o a la primera Edat del Ferro. A Europa, tot i alguns precedents del Bronze mitjà, la peça de coure o de bronze de perfil planoconvex és un dels tipus habituals del Bronze final, sobretot de la fase III (TYLECOTE, 1987, p. 18). Els de la península Ibèrica són majoritàriament de coure i són més freqüents en dipòsits que en hàbitats (GÓMEZ RAMOS, 1993; RAURET, 1976). En canvi, els diversos exemplars del sector nord-est provenen majoritàriament de poblats de la primera Edat del

Ferro, com el del Puig Castell de Vallgorguina, Mas Castellar de Pontós, Tossal Redó de Calaceit o Kutzemendi, així com de cavitats com la Cova Freda de Montserrat i la Cova del Frare de Matadepera, possiblement de datació anterior (MARTÍN *et al.*, 1985:100). A més hi constància d'un motlle-lingotera a Aldovesta (MASCORT *et al.*, 1991).

En aquest moment la dicotomia entre la vall de l'Ebre i la resta del territori nord-oriental a nivell d'informació sobre la producció és evident: el corredor occidental i els seus afluent acumulen tot tipus de troballes, cosa que pot ser influència de la seva bona accessibilitat als recursos i les facilitats que representa la xarxa hidrogràfica en les comunicacions i l'establiment de circuits d'intercanvi.

Llavors una bona part del metall en circulació es destinava a peces ornamentals, també a certs estris (bàsicament destrals) i, en menor mesura, a armes (RUIZ ZAPATERO i ROVIRA PORT, 1994-1996). Per avaluar-ho exactament hem de tenir en compte, però, que els diferents tipus d'objectes tenen diverses pautes d'ús: els metalls d'adreç personal s'acumulen a les necròpolis, mentre que en els poblats els objectes més quotidians es reciclen intensament. Per aquesta raó la representativitat real de les eines pot quedar devaluada i cal completarla amb l'aportació dels motlles. Al nord-est, tret de les destrals, que són elements plurifuncionals, sembla haver-n'hi poques i en desconeixem algunes varietats com les falçs, presents en altres zones peninsulars.

Algunes d'aquestes manufactures formen dipòsits, característics del Bronze final III. La seva localització, desconnectats dels hàbitats i preferentment als trams superiors dels cursos fluvials, així com el fet d'incloure sovint elements de tipologia continental, ha tingut moltes explicacions en consonància amb l'evolució dels estudis sobre el tema a l'altra banda dels Pirineus (VERGER, 1996).

Certament, bona part d'ells podria estar en relació amb l'intent d'alguns centres productors continentals d'ampliar les xarxes comercials en direcció sud. Caldria remarcar tanmateix que, a diferència d'altres regions europees, els conjunts catalans i aragonesos no solen incloure lingots (amb l'excepció del de la serra de Monderes), ni peces mal fetes (tot i que algun inclou elements fragmentats), ni restes de fosa (només una a Llavorsí), cosa que no permet explicar-los sistemàticament com a reserves dels fonedors ambulants.

L'estudi de les peces de Llavorsí, el dipòsit recuperat més esplèndid, i una bona mostra de tre-

ball interdisciplinari (GALLART, 1991), no només confirma la circulació de manufactures metàl·liques a llarga distància, sinó que a més n'ha caracteritzat les tècniques de manufactura, i ha fet evident que la destresa manual dels artesans era considerable ja que, per exemple, utilitzaven un instrumental sofisticat i combinaven tractaments termomecànics, tot i que no en tenien un domini complet.

S'hi observa un predomini absolut del bronze binari (de bona qualitat) sobre el ternari (amb baixa proporció de plom) i el coure, cosa que s'ha confirmat en algunes destrals catalanes, que potser també provenen de dipòsits i responen a morfologies forànies (BOURHIS *et al.*, 1996: 33) i en peces del conjunt de la Cova de Mauricecs (ROVIRA PORT i CASANOVAS, 1993: 75-76).

Ara per ara sembla, doncs, que el bronze ternari pot considerar-se una innovació pròpia del Bronze final, igual que en altres àrees peninsulars (ROVIRA LLORENS, 1993). Tradicionalment l'afegit de plom es considera motivat per la necessitat de substituir l'estany, més difícil d'obtenir; però en els casos esmentats no sembla que la suplantació per a l'estalvi i per a una major fluïdesa de les colades, fos gaire efectiva. Per això no podem descartar que aquestes composicions puguin correlacionar-se amb l'aprofitament de certes formacions polimetàl·liques riques en aquest elements i, en conseqüència, que l'elaboració d'aliatges ternaris de baixa proporció en plom fos, fins a cert punt, inconscient.

## La cultura ibèrica

Durant l'Edat del Ferro, i sobretot al principi, la metal·lúrgia del bronze seguirà vigent sense gaires canvis respecte del període precedent. El volum de dades és tanmateix molt desigual entre les etapes de la primera i la segona Edat del Ferro. En aquesta darrera, la sèrie analítica més àmplia és la de l'Illa d'en Reixac i Ullastret, publicada parcialment. A més a més, s'han correlacionat les dades sobre objectes metàl·lics amb mostres de tota la cadena de producció (minerals, escòria, metall en brut, estris i infraestructures artesanes) (ROVIRA HORTALA, 1993, 1993a).

En l'època ibèrica l'instrument més habitual continuarà essent el motlle. Seguint la tradició, es tracta d'objectes bivalves, gairebé sempre formats per peces paral·lelepípedes de pedra sorrenca de gra fi, fàcil d'aconseguir i de treballar, amb la qual

s'obtenen bons resultats. No són sofisticats tècnicament, ja que les sortides per als gasos i els dispositius de fixació hi són excepcionals, però sovint presenten la zona d'entrada del metall individualitzada i matrius per a una o més peces, normalment en una sola cara.

La producció, de caire majoritàriament ornamental, està molt diversificada i apareixen nous motlles per a fíbules de disc, braçalets i discs. També hi ha força exemplars en què es fonien simultàniament una sèrie de tiges que després es treballaven individualment per manufacturar petits objectes (figura 1). Ja no serveixen, en canvi, per fer estris ni armes; la substitució de les peces de bronze per les de ferro n'és la causa.

El metall que es manipula es devia haver obtingut prèviament en forns de diferent capacitat (les estructures semiexcavades de tendència hemisfèrica i els petits atuells de reducció ceràmics,

altrament dits vasos-forn), i es refonia en gresols ceràmics. Tots ells conviuen a l'illa d'en Reixac (figures 2 i 4.1). De gresols n'hi ha també un lot interessant al poblat del Turó del Vent (Llinars del Vallès).

L'ús contemporani de coure i de diferents tipus de bronze es constata, durant tota l'Edat del Ferro, a la necròpoli d'El Colomer de Pallerols (GALLARÍ i LÓPEZ, 1991) i als poblats d'Els Vilars d'Arbeca (ROVIRA HORTALA, 1997) l'illa d'en Reixac i Ullastret,<sup>2</sup> amb predomini del bronze binari (Cu + Sn) sobre el ternari (Cu + Sn + Pb), un fenomen freqüent a tota la Mediterrània entre els segles X i VI aC. En qualsevol cas, era una matèria força o clarament pobre en estany, cosa ratificada en la fibula del poblat de la Pedrera i en elements d'altres àrees peninsulars com la Meseta meridional, el Llevant i Andalusia (ROVIRA LLORENS, 1989; 1993 47-53).

De tota manera la manca d'estany no era un inconvenient greu, ni pel procés d'elaboració ni pels resultats, ja que els objectes ornamentals no requerien gran duresa ni resistència. Els estudis microestructurals demostren que podien ser peces elaborades únicament mirjançant la fosa o bé afegint-hi tractaments mecànics (martelleig i doblegats) i tèrmics (recuites), com els del Bronze final.

Els índexs de plom i de ferro també són baixos. Aquest darrer aspecte indica que la tecnologia de reducció encara no estava optimitzada i que els forns o els recipients en què es produïa el metall no assolien temperatures molt elevades.

## La metal·lúrgia del ferro

El plantejament tradicional de la introducció del ferro a la península Ibèrica es fa en funció de l'acció d'altres grups culturals, suposadament més desenvolupats a nivell tècnològic; però, si bé és cert que l'existència de les colònies fenícies al sud implicà la producció local de ferro en els segles VIII i VII, també hi ha mostres com les de Castellar de Llibrilla, Múrcia (ROS, 1989) que indiquen

2. Sembla que el mateix fenomen es podria detectar també a les necròpolis paleoibèriques de Mas de Mussols i Mianes (MALUQUER 1987, 165-185) i al poblat del Puig de Sant Andreu - Ullastret (GRACIA 1981-1982), tot i que els resultats (semiquantitatius) no són exactament comparables amb els anteriors.



Figura 1. Motlle de fosa per produir simultàniament una sèrie de varetes de coure o bronze (puig de Sant Andreu - Ullastret).



Figura 2. Detall de la superfície interna d'un vas-forn: la matèria ceràmica està escorificada i ha englobat restes metàl·liques (Illa d'en Reixac - Ullastret). És un tipus d'estri utilitzat per transformar el mineral en metall (coure i bronze) entre el Calcolític i Època Ibèrica.

una adopció quasi immediata d'aquesta pràctica per part de la població indígena, cosa que —cal remarcar-ho— no seria possible si els metal·lurgistes autòctons no tinguessin un cert domini tècnic previ que els capacités per incorporar aquesta innovació.

Per bé que la tendència difusionista profenícia s'ha imposat majoritàriament a l'hora d'explicar la filiació dels primers objectes fèrrics del nord-est peninsular, és innegable l'existència puntual d'ítems de cronologia anterior, interpretada de diferents maneres (JUNYENT, 1992; AJMAGRO, 1993; DELIBES *et al.*, 1995). No cal, doncs, descartar altres vies, ni la seva confluència, que incidirien amb més o menys intensitat en les diverses àrees (PONS, 1984; JUNYENT, 1992; RUIZ ZAPATERO, 1992; ROVIRA HORTALÀ, 1996-1997, en premsa). A més, en general els estudis arqueometal·lúrgics han demostrat que la producció de bronze podia generar ferro de manera residual (CRADDOCK, MEEKS, 1983-1988; MARÉCHAL, 1983-1988) per la qual cosa les hipòtesis autoctonistes no són menyspreables d'entrada.

Per altra banda, no oblidem que la producció i la manipulació del ferro implica una sèrie de tècniques innovadores respecte de la manipulació del bronze, com és la necessitat de refinar l'esponja de ferro obtinguda en el forn de reducció o la de l'au-

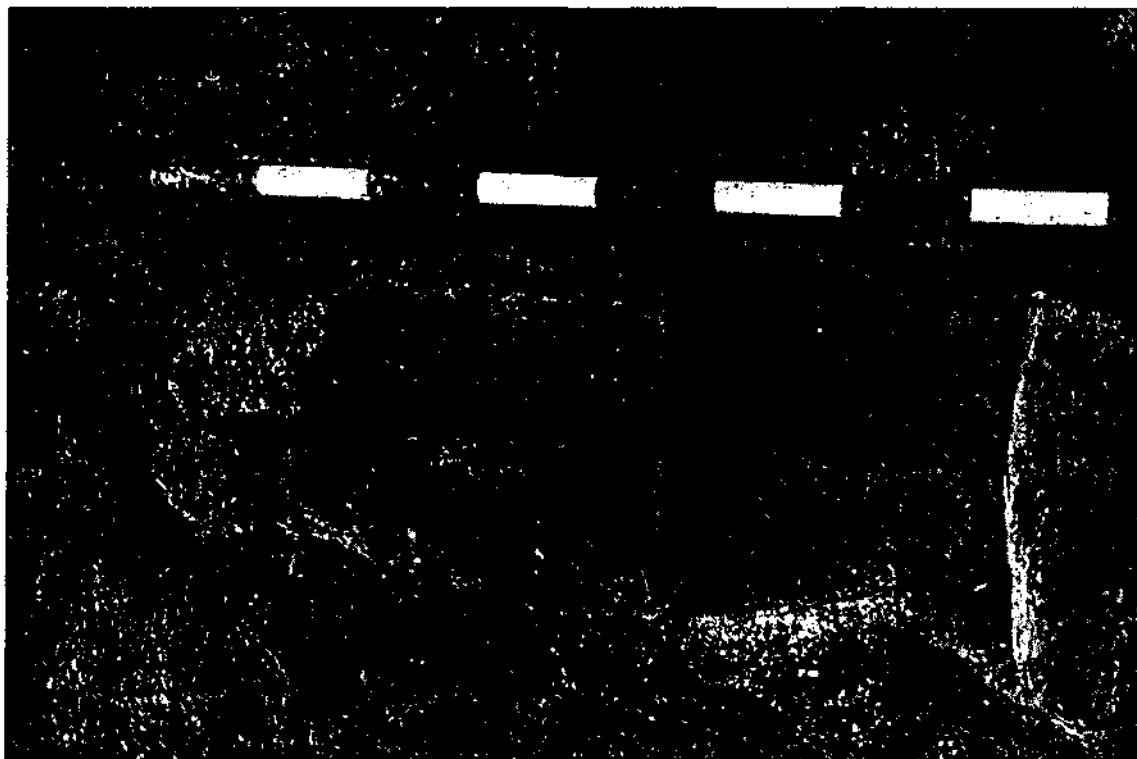


Figura 3. Forn de postreducció o forja de ferro (Els Vilars - Arbeca).

tosoldadura, però que alhora en desenvolupa d'altres ja tradicionals, com el martelleig intercalat amb fases de recuita o forja.

Per conèixer, doncs, els inicis del ferro és imprescindible distingir entre ús i producció del metall. El volum principal de dades disponibles correspon al primer tema però les recerques en poblats estan contribuint a tenir una visió més completa i documentada dels aspectes productius.

El jaciment d'Els Vilars (Arbeca, Lleida) es configura, així, com un jaciment clau per analitzar el desenvolupament de la siderúrgia a Catalunya: En el primer moment de l'establiment, entre el 700 aC i el 650/625 aC, caracteritzat ja per un urbanisme complex, en un ambient encara sense influències colonials, ja hi ha un element de ferro manufacturat (ALONSO *et al.*, 1994-1996). També s'hi ha documentat un forn, datat radiocarbònicament dels voltants del 700 aC, dins del qual aparegué un nòdul mineral fèrric, una de les mostres més antigues d'assaig siderúrgic del nostre territori. Posteriorment, durant la fase II (550/525-425 aC) hi funcionà un forn de forja, ara per ara el més antic de la Mediterrània nord-occidental (figura 3).

Les instal·lacions siderúrgiques identificades al nord-est peninsular són poques encara (ROVIRA

HORTALÀ, 1996-1997a, en premsa) i sovint a partir de dades poc precises (SERRA RAFOLS, 1968, 14-15). Els punts d'extracció de mineral, situats entre el Baix Llobregat i el Garraf eren petites explotacions a cel obert, com les de Gavà (BLASCO *et al.*, 1989). Dels llocs on es transformava el mineral destacariem el de Les Guàrdies (El Vendrell), del segle III aC (RIGO, MORER, 1997, en premsa). En els tallers de forja, més ben coneguts, s'hi podien desenvolupar tasques molt diverses dins del camp de la postreducció (conversió del ferro en brut en ferro semimanufacturat, elaboració d'objectes, recuperació de metall, manteniment i reparació de peces...), ocasionalment simultanejades amb el treball del bronze (figura 5). Apareixen bàsicament al llarg de la faixa costanera, entre l'Alt Empordà i el Baix Penedès. El més occidental és el dels Vilars, que també s'allunya de la resta cronològicament, ja que situa l'inici d'aquestes infraestructures en l'ibèric antic, les quals corresponen majoritàriament a finals del segle III o principis del segle II aC, com la de Castellruf (GASULL *et al.*, 1995). Els forns consisteixen en cubetes rectangulars o ovals, excavades al sòl, poc profundes i en alguns casos amb parets d'argila i elements auxiliars lítics. Entre ells, cal destacar el taller del sector 9, Pontós, tant per l'estat de conservació

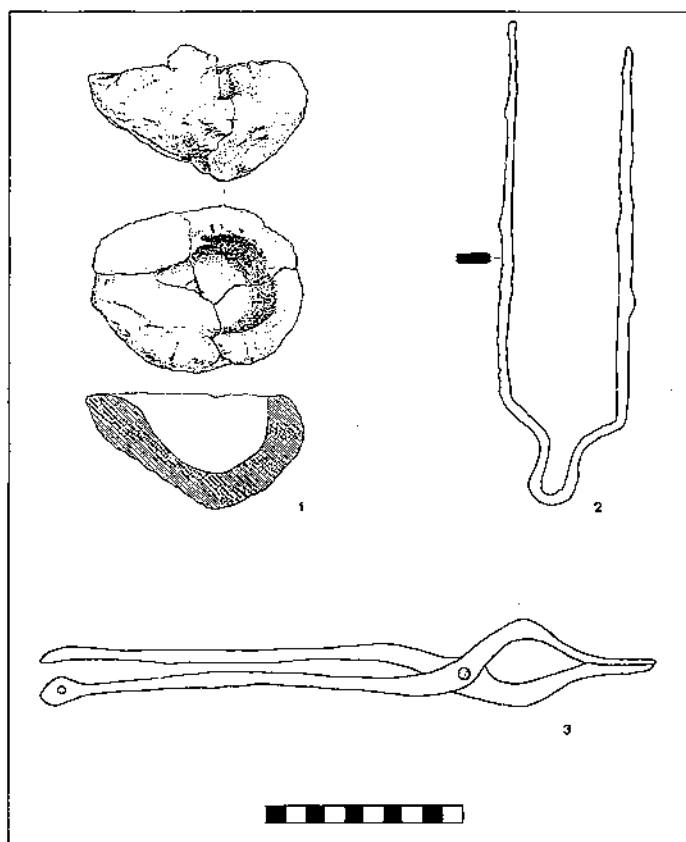


Figura 4. Instrumental protohistòric: grosol de fosa (Illa d'en Reixac i Ullastret); pinces de ferrer (Mas Castellar de Pontós); pinces de forrer (Anseresa).

com per la quantitat d'evidències de treball recuperades.

Altres dades que documenten la pràctica siderúrgica provenen de l'estudi dels residus productius, majoritàriament escòries, presents en la majoria de jaciments. Se'n reconeixen diversos tipus, però predominen àmpliament les calotes ferries de tendència hemisfèrica i els residus argilosorrenes procedents de les parets dels forns i els fundents emprats en la forja.

Els estris més característics són les pinces de ferro (SANAHUJA, 1971). El model antic, format per dues branques metàl·liques paral·leles fixes, amb el temps serà substituït pel de peces articulades (figures 4.2 i 4.3).

### La qualitat del metall

La diferència entre el ferro dolç i l'acer depèn de la proporció de carboni que el ferro hagi incorporat. Quan l'aliatge és efectiu es denomina acer i el seu avantatge és la duresa, mentre que el ferro no carburat suporta millor la tracció. Produir-ne un o altre devia ser una qüestió d'atzar inicialment, però la tria sistemàtica implica mestratge en l'ofici de ferret.

Els estudis microestructurals són claus per determinar la qualitat del metall antic. En el nostre àmbit cultural cal remarcar les dades relatives a la necròpoli del Pla de la Bruguera, a Castellar del Vallès (MONTERO *et al.*, en premsa, 76). Les anàlisis han constatat que un dels ganivets (model Gand Bassin I) té l'extrem tallant d'acer.

Hem de remarcar que s'ha obtingut, per tremp, una tècnica que, si bé inicialment podria ser un descobriment accidental, en aquest cas s'aplica només a la zona més necessària; alhora un altre ganivet del jaciment té el mànec de ferro dolç. Això demostra el coneixement i l'aplicació conscient i selectiva de tècniques siderúrgiques avançades durant la primera edat del ferro.

Aquestes peces responen a un dels primers models ferris de la Mediterrània nord-occidental. A Catalunya se solen interpretar en connexió amb l'arribada del comerç fenici, del qual, però, no en tenim evidències al Pla de la Bruguera, on, juntament amb les ceràmiques a mà, trobem en canvi elements ferris de clara filiació ultrapirinenca com les fibules serpentiformes (CLOP *et al.*, 1995).

Pel que fa a manufactures més modernes, com un ganivet del mateix tipus i una punta de llança de la necròpoli de Can Canyís, els nivells de car-

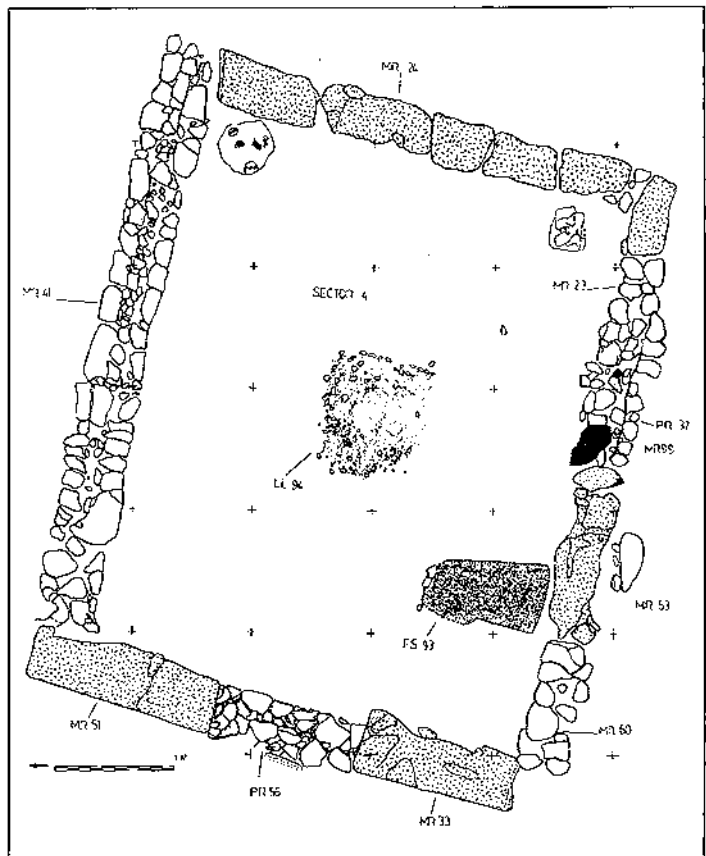


Figura 5. Àrea metal·lúrgica del Mas Castellar de Pontós destinada al treball del bronze i del ferro.

boni identificats mitjançant la microscòpia electrònica es consideren molt variables per ser funcionals (BEA, 1996); i en zones properes com Aragó, els elements acerats no es detecten fins a finals del segle III o principis del II aC (MADROÑERO *et al.*, 1993-1995).

## Conclusions

La paleoeconomia del nostre territori durant la prehistòria i la protohistòria és un tema en el qual cal progressar ja que el coneixement de les diferents activitats, de les àrees o dels períodes cronològics és desigual. En els estudis sobre metal·lúrgia hi ha un predomini dels treballs basats en la distribució geogràfica de les tipologies metàl·liques i els motlles. Si desenvolupéssim plantejaments tecnològics globals amb dades analítiques es podrien veure les evolucions en les composicions de les peces de metall i distingir entre els

grups capaços d'obtenir matèria primera a partir de mineral dels que en tenen gràcies a l'intercanvi o al reciclatge.

En la dinàmica metal·lúrgica de la zona es detecta efectivament un punt d'inflexió en el Bronze final, concretament en l'horitzó dels C.U. recents (900-700 aC), amb un volum de dades substancialment superior als de moments precedents (sovint concentrades en alguns jaciments de l'extrem occidental).

Alguns autors (ROVIRA LLORENS, 1993) situen ara innovacions tècniques com la introducció d'un nou tipus de forn amb més capacitat i rendiment productiu que els vasos-forn de reducció. No podem precisar si alguns dels forns localitzats en contextos domèstics a la vall de l'Ebre entre el Bronze final i la primera Edat del Ferro són d'aquest tipus i si aquests poblats tenien un paper predominant a nivell econòmic o si la seva excepcionalitat està determinada per les mancances de la recerca arqueològica. En alguns casos estan associats a motlles i a pans de coure o de bronze planoconvexos. Aquestes peces, numèricament molt escasses en comparació amb altres zones europees, demostren que el metall podia circular en forma bruta (n'hi ha exemples com els de ROCHELONGUE, BOUSCARAS, 1971) però no s'ha provat que formin part d'un sistema metrollògic estandaritzat, per la qual cosa, quan se'ls denomina lingots, és de manera laxa. Es concentren a la meitat superior de la vall de l'Ebre, i a la zona costanera entre l'Empordà i el Vallès. A la Catalunya meridional, comptem, en canvi, amb un motlle-lingotera d'Aldovesta, que en produïa a base de metall recuperat.

També s'ha procurat remarcar el salt socioeconòmic lligat als contactes colonials i a la implantació de la siderúrgia, emfatitzant les seves dificultats tècniques (PONS, 1984); però hi ha punts de contacte entre aquesta tecnologia i la del bronze i força trets comuns en les composicions i les tècniques de manufactura d'aquest darrer metall entre el Bronze final i la primera Edat del Ferro.

Al mateix temps el conservadorisme tecnològic de llarga tradició es fa evident per l'ús constant de vasos-forn de reducció (d'origen calcolític) i de motlles lítics fins a l'època ibèrica. De tota manera, s'aprecia una evolució entre els motlles de l'Edat del Bronze o primera Edat del Ferro i els ibèrics, no tant tecnològica (la incorporació durant el bronze final de millores com les sortides de gasos o els elements de fixació de les valves no s'imposarà totalment), sinó més aviat en el tipus

de productes: amb el temps deixen de fondre estris, perquè es fan de ferro, i augmenta la fabricació de petites varetes que deurien substituir els pans de metall planoconvexos, ja que eren lingots susceptibles d'intercanvi. Es reflecteixen, així, modificacions en la demanda de metall i en l'organització del treball.

S'ha d'apuntar igualment que altres metalls, a part dels esmentats, comencen a manipular-se en el moment dels primers contactes colonials: al Puig Roig han estat recollides restes de galena argentífera, així com algun residu de la fosa de plom (GENERA, 1995). El benefici generat deurien estimular el procés de diferenciació social que s'observa en les necròpolis del Baix Ebre (CASTRO, 1992).

Quant al ferro, la seva implantació es fa lentament, amb petites variacions temporals entre les diferents zones del territori, les quals estan en funció de diferents estímuls exteriors i de les particularitats del substrat local. Això no va representar la crisi del bronze sinó la seva especialització: seguí dedicat bàsicament als objectes ornamentals i de luxe en els àmbits de l'equipament domèstic i personal, mentre que el ferro s'aplicà on es podien valorar les seves principals qualitats (baix cost, duresa i resistència), cosa que el feia adient per a les armes, l'equipament constructiu o l'utilatge agrícola i artesà.

Els paràmetres de les composicions de base coure evolucionen al llarg del temps, sense que hi hagi, però, una regularitat estricta en les combinacions, condicionades, en part, per les tendències tecnològiques generals i per la diversitat de la matèria primera emprada. La manca d'uniformitat, fins i tot en peces contemporànies d'un mateix jaciment, pot atribuir-se a la tria conscient en alguns casos, i a la coincidència de diverses fonts de proveïment de mineral i/o metall, que s'aconseguia mitjançant l'exploració directa de filons locals o per intercanvi. Les conseqüències del reciclatge d'objectes fora d'ús són també determinants en aquest sentit.

Els trets més identificatius dels bronzes ibèrics de la nostra àrea serien, per una banda, una taxa baixa o mitjana d'estany (sovint inferior que la de manufactures anteriors) i, per l'altra, la presència sempre moderada però creixent del plom. Els aliatges binaris predominen sobre els ternaris. Es tracta de característiques en les quals incideixen clarament les limitacions tècniques i/o problemes de proveïment.

Tot això ens dóna idea de la complexitat de factors que intervenen i que cal considerar a l'hora



de realitzar i d'interpretar les anàlisis de composició de les peces. Comporten, fins i tot, lectures ulteriors en funció dels tractaments tèrmics i mecànics associats, ja que en poden modificar enormement les qualitats i, conseqüentment, el seu rendiment pràctic.

L'arrencament de la producció siderúrgica local encara és un fenomen molt desconegut i en el qual, sens dubte, també tindria incidència la pròpia tradició tecnològica, però del qual n'hi ha evidències primerenques com les dels Vilars. El nou metall es considera totalment arrelat socialment al conjunt de l'àrea quan la cultura ibèrica ja està ben consolidada. Les instal·lacions artesanes localitzades, normalment en context domèstic, ho corroboren: la majoria de forges se situen precisament entre finals del segle III i principis del II aC. A més, en alguns tallers coexisteixen el treball del bronze i el del ferro.

Comprendre el pas de la metal·lúrgia del bronze a la del ferro al nord-est peninsular és, doncs, un procés complex. Convé abordar-lo amb una

perspectiva àmplia, ja que el volum de dades disponibles, heterogeni de per si, oscil·la molt segons els períodes cronològics i les diverses àrees. La vall de l'Ebre es configura, així, com un territori privilegiat, tant pel volum de dades com per la seva identitat. La cronologia lleugerament anterior d'algunes d'elles en relació a la resta de la regió s'ha d'entendre com una particularitat més del seu complex desenvolupament cultural, evident també en altres manifestacions com l'urbanisme o l'arquitectura (JUNYENT *et al.*, 1994).

En la caracterització tecnològica d'aquestes comunitats, que ara per ara només és possible a grans trets, s'observen elements de llarga continuïtat i tendències de canvi en les pautes de producció i circulació del metall. És difícil acotar estretament les variacions; tot i així, sembla clara la diferenciació entre el moment del Bronze final (C.U. recents) i la primera Edat del Ferro, per una banda, i la segona Edat del Ferro per l'altra. En totes les èpoques les mancances tècniques d'aquests metal·lurgistes seran, però, evidents.

## Résumé

*De la production du bronze à celle du fer: dynamique de la métallurgie du nord-est péninsulaire pendant la préhistoire.*

La production et la transformation du métal dans le nord-est péninsulaire pendant la préhistoire et la protohistoire est malheureusement et jusqu'à aujourd'hui, une activité assez méconnue. Plusieurs synthèses sur ce sujet ont convergé autour d'une idée centrale de départ: la présentation de cette aire culturelles comme étant déficitaire en ressources de minerais, dépendant ainsi d'autres zones de production.

Le but de cet article est donc de montrer, d'une façon synthétique, le passage, dans le nord-est péninsulaire, de la production du bronze à celle du fer. Dans le même temps, nous présentons l'état actuel des connaissances sur les premières activités métallurgiques, et le développement de la production du cuivre, du bronze et du fer jusqu'à l'époque ibérique.

Dans ce travail, au lieu de traiter les aspects typologiques des objets métalliques, nous tenons un discours sur l'aspect technique de ce sujet. Ces questions ont toujours été un peu écartées ou centrées exclusivement sur la question des moules de fondeurs, même s'il existe d'autres témoignages de nature métallurgique qui font

## Resumen

*De la producción del bronce a la del hierro: dinámica de la metalúrgia del nordeste peninsular durante la prehistoria*

La producción y la transformación del metal en el nordeste peninsular durante la prehistoria y la protohistoria es una actividad económica aún poco conocida. Distintas síntesis sobre el tema han coincidido en una idea básica como punto de partida: la presentación de esta área cultural como deficitaria en recursos minerales y, por tanto, dependiente de otras zonas productivas, lo cual puede matizarse a la luz de datos recientes.

El objetivo básico del artículo consiste en plantear de manera sintética el paso desde la producción del bronce a la del hierro en el nordeste peninsular. Por ello se presenta el actual estado de la cuestión sobre las primeras actividades metalúrgicas en la zona y el desarrollo de la producción del cobre, el bronce y el hierro hasta la época ibérica.

En este trabajo no se tratan pues aspectos tipológicos relativos a los objetos metálicos, sino que el discurso se enfoca en relación a las cuestiones técnicas, siempre menos divulgadas o centradas casi exclusivamente en los moldes de fundición, a pesar de que existen otras eviden-

référence à l'outillage et aux espaces de travail. En outre, les avancées réalisées dans le domaine analytique, nous dévoilent des compositions et des techniques de manufacture des pièces qui sont à mettre en relation avec celles en provenance des ateliers et des bas-foyers.

Cependant en dépit du manque de rigueur des enregistrements archéologiques quelque une soit la date et le lieu d'étude, nous observons une acquisition rapide du bronze pendant le Chalcolithique, dans le cadre d'un phénomène de progression territoriale européenne du nord vers le sud. Par ailleurs on détecte, pendant le Bronze Moyen, l'existence de plusieurs foyers métallurgiques en rapport avec l'extraction et la réduction du minerai (métallurgie extractive), qui se complètent par d'autres sites où l'on détecte une activité de refonte. On a pu également observer, la consolidation de la Vallée de l'Ebre comme un des endroits privilégiés du point de vue métallurgique pendant le passage à l'Age du Fer.

Le développement de la sidérurgie, phénomène très complexe et polémique, surtout en ce qui concerne ses débuts au sein de cette aire géographique, est traitée à partir de la identification des installations de réduction du minerai et de plusieurs ateliers de forge. Cette étude a permis d'établir leur apparition vers la fin de l'époque ibérique. Ces données peuvent se comparer avec celles qui sont disponibles sur les manufactures contemporaines. Celles-ci apporteraient en définitive une vision panoramique de la dynamique expérimentée dans le cadre de la métallurgie du nord-est péninsulaire tout au long du Ier millénaire a.C. et antérieurement.

ciás metalúrgicas referentes al utillaje y a los espacios de trabajo. Además, los avances en el ámbito analítico, desvelan composiciones y técnicas de manufactura de las piezas que se correlacionan con las procedentes de talleres y hornos.

A pesar de la irregularidad en el registro arqueológico a lo largo del tiempo y según las zonas, se observa como después de una temprana adquisición del bronce en el Calcolítico, en el marco de un fenómeno de progresión territorial europeo de dirección norte-sur, se detecta la existencia de distintos focos metalúrgicos en cuanto a la extracción y reducción del mineral («metalurgia extractiva») durante el bronce medio, completados por otros puntos donde se detecta refundición. También se advierte de la consolidación del valle del Ebro como un ámbito privilegiado desde el punto de vista metalúrgico en el tránsito a la edad del hierro.

El desarrollo de la siderurgia, un fenómeno extremadamente complejo y polémico, especialmente sus inicios en este territorio, se trata a partir de la identificación de instalaciones mineras, de reducción y de distintos talleres de forja que parecen indicar su eclosión ya hacia finales de la época ibérica. Estos datos se comparan con los que están disponibles sobre las manufacturas del momento aportando, en definitiva, una visión panorámica de la dinámica que experimentó la metalurgia del nordeste peninsular a lo largo del primer milenio a.C. y sus antecedentes.

## Referències bibliogràfiques

- ALCALDE, G.; MOLIST, M.; SAÑA, M. i TOLEDO, A. (1997) *Procés d'ocupació de la Bauma del Serrat del Pont (La Garrotxa) entre el 2.900 i el 1.450 AC*. Publicacions Eventuals d'Arqueologia de la Garrotxa, 2.
- ALMAGRO, M. (1993) «La introducción del hierro en la península Ibérica. Contactos precoloniales en el período protoorientalizante». *Complutum*, 4, p. 81-94.
- ALONSO, N.; JUNYENT, E.; LAFUENTE, A.; LÓPEZ, J.B.; MIRO, J.M.; ROS, M.T. i ROVIRA, M.C. (1994-1996) «L'assentament de Els Vilars (Arbeca, Les Garrigues): territori, recursos i activitats productives». *Gala*, 3-5, p. 319-339.
- ÁLVAREZ, A.; BACHILLER, J.A. (1994-1996) «La evolución del urbanismo en el Bajo Aragón durante los períodos del Bronce Final - Hierro Antiguo». *Gala*, 3-5, p. 175-182.
- BEA, D. (1996) *Can Canyís. Una necròpolis de la Primera Edat del Ferro al Penedès*. Tarragona: Universitat Rovira y Virgili, inèdit.
- BELTRÁN, A. i ÁLVAREZ, A. (1987) «Una comprobación de las excavaciones del poblado del Bronce Final y de la Primera Edad del Hierro del Cabezo de Monleón, Caspe (Zaragoza)». *Boletín del Museo de Zaragoza*, 6, p. 59-69.
- BLASCO, A.; EDO, M.; BAÑOLAS, L.; ARENAS, J.A. i VILLALBA, M.J. (1989) «Les sitges ibèriques del solar de Can Tintorer i altres vestigis de la recuperació del sector miner». *Primeres Jornades Arqueològiques del Baix Llobregat*, I, Castelldefels, p. 151-160.

- BOURHIS, J.R.; BRIARD, J.; MATARÓ, M.; PAUTREAU, J.P. i TOLEDO, A. (1996) «Anàlisi d'objectes protohistòrics de coure i bronze del nord de Catalunya». *Cypselà*, XI, p. 27-33.
- BOUSCARAS, A. (1971) «L'épave des bronzes de Rochelongue». *Archéologia*, 39, p. 68-73.
- CASTRO, P.V. (1992) *La sociedad de los Campos de Urnas en el Nordeste de la Península Ibérica. La necrópolis de El Calvari (El Molar, Priorat, Tarragona)*. Oxford Bar Int. Ser., 592.
- CLOP, X.; FAURA, J.M.; GANGONELLS, M.; NAVARRO, C.; MARTÍN, A. i MOLIST, M. (1995), «Pla de la Bruguera - Centre de Distribució Sony (Castellar del Vallès, Vallès Occidental), una necrópolis de la primera edat del ferro». *Tribuna d'Arqueologia*, 1993-1994. Barcelona: Departament de Cultura de la Generalitat de Catalunya, p. 25-36.
- CRADDOCK, P.T. i MEEKS, N.D. (1983-1988) «Iron in coppers», dins G. SPERL, (ed.) *The first iron in the Mediterranean*. Populonia - Piombino, 1983, PACT, 21, Strasbourg, 1988, p. 119-130.
- DELIBES, G.; ROMERO, F.; FERNÁNDEZ, J.; RAMÍREZ, M.L.; MISIEGO, J.C. i MARCOS, G.J. (1995) «El tránsito bronze final - primer hierro en el Duero medio. A propósito de las nuevas excavaciones en el Soto de Medinilla (Valladolid)». *Verdolay*, 7, p. 145-158.
- EIROA, J.J. (1980) *La cuenca del Ebro y sus territorios contiguos durante la Primera Edad del Hierro*. Cuadernos de Zaragoza, 25.
- FERNÁNDEZ-MIRANDA, M.; MONTERO, I. i ROVIRA LLORENS, S. (1995) «Los primeros objetos de bronce en el occidente de Europa». *Trabajos de Prehistoria*, 52/1, p. 57-69.
- GALLART, J. (1991) *El dipòsit de bronzes de Llavorsí, Pallars Sobirà*, Excavacions arqueològiques a Catalunya, 10. Barcelona: Departament de Cultura de la Generalitat de Catalunya.
- GALLART, J. i JUNYENT, E. (1989) *Un nou tall estratigràfic a la Pedrera, Vallfogona de Balaguer Tèrmens, La Noguera, Lleida*. Espai / Temps. Lleida: Quaderns del Departament de Geografia i Història de l'Estudi General de Lleida.
- GALLART, J. i LÓPEZ, J. (1991) «El Colomer de Pallerols: una necrópolis d'incineració, tipus camp d'urnes, a la conca de l'Ondara». *Revista d'Arqueologia de Ponent*, 1, p. 189-207.
- GARCÉS, I. (1984) «Los moldes de fundición del poblado de Masada de Ratón (Fraga - Huesca)». *Herda*, XIV, p. 29-37.
- GASULL, P.; BLANCH, M.; GONZÁLEZ, A.; LORENCIO, C.; MAYORAL, F.; XANDRI, J.; YLL, E. (1995) «El poblado ibèric de Castellruf, Sta. Maria de Martorelles (Vallès Oriental)». *Memòries d'Intervencions Arqueològiques a Catalunya*, 16. Barcelona: Departament de Cultura de la Generalitat de Catalunya.
- GENERA, M. (1995) *El poblado protohistòric de Puig Roig del Roget (El Masroig, Priorat)*. Memòries d'Intervencions Arqueològiques a Catalunya, 17. Barcelona: Departament de Cultura de la Generalitat de Catalunya.
- GRACIA, F. (1981-1982) «Estudio espectroscópico de objetos de bronce procedentes de la sección estratigráfica del corte J (Campo Alto Vicente Sagrera. Ullastret)». *Pyrenae*, 17-18, p. 303-314.
- GÓMEZ RAMOS, P. (1993) «Tipología de lingotes de metal y su hallazgo en los depósitos del bronce final de la Península Ibérica». *CuPAUAM*, 20, p. 73-105.
- JUNYENT, E. (1992) «Els orígens del ferro a Catalunya». *Revista d'Arqueologia de Ponent*, 2, p. 21-35.
- JUNYENT, E.; LAFUENTE, A. i LÓPEZ, J.B. (1994) «L'origen de l'arquitectura en pedra i l'urbanisme a la Catalunya Occidental». *Cota Zero*, 10, p. 73-89.
- MADROÑERO, A.; MARTÍN, A. i LÓPEZ, V. (1993-1995) «El hierro en la Protohistoria aragonesa. Estudios recientes». *La farga catalana en el març de l'arqueologia siderúrgica*, Ripoll 1993, Govern d'Andorra, 1995, p. 337-346.
- MALUQUER, J. (1972) *Proceso histórico-económico de la primitiva población peninsular*. Publicaciones Eventuales, n. 20. Barcelona: Universitat de Barcelona - Instituto de Arqueologia.
- MALUQUER, J. (1983) *El poblado paleoibérico de La Ferradura, Ulldecona (Tarragona)*. Programa de Investigaciones Protohistóricas, VII. Barcelona: Universitat de Barcelona - Departamento de Prehistoria y Arqueología.
- MALUQUER, J. (1987) *La necrópolis paleoibérica de Mianes en Santa Bàrbara (Tarragona)*. Programa de Investigaciones Protohistóricas, IX. Barcelona: Universitat de Barcelona - Departamento de Prehistoria y Arqueologia.
- MALUQUER, J.; GRACIA, F. i MUNILLA, G. (1990) «Alto de la Cruz, Cortes de Navarra, Campañas 1986-1988». *Trabajos de Arqueologia Navarra*, 9, Pamplona.
- MARÉCHAL, J.R. (1983-1988) «Il passaggio della metallurgia del rame a quella del ferro», dins G. SPERL (ed.) *The first iron in the mediterranean*, Populonia, - Piombino, 1983, PACT, 21, Strasbourg 1988, p. 25-32.
- MARTÍN BUENO, M. i PÉREZ ARRONDO, C.L. (1989) «Protometalurgia y metalogénesis en la Cuenca del Ebro». *Minería y metalurgia en las antiguas civilizaciones mediterráneas y europeas*, I. Madrid: Ministerio de Cultura, 1985, p. 167-185.
- MARTÍN, A.; BIOSCA, A. i ALBAREDA, M.J. (1985) «Excavacions a la Cova del Frare (Matadepera, Vallès Occidental). Dinàmica ecològica, seqüència cultural y cronologia absoluta». *Tribuna d'Arqueologia*, 1983-1984. Barcelona: Departament de Cultura de la Generalitat de Catalunya, p. 91-103.
- MASCORT, M.T.; SANMARTÍ, J. i SANTACANA, J. (1991) *El jaciment protohistòric d'Aldovesta (Benifallet) i el comerç fenici arcaic a la Catalunya meridional*. Tarragona: Publicacions de la Diputació de Tarragona.
- MAYA, J. L. (1982) «Genó. Aitona». *Les excavacions arqueològiques a Catalunya en els darrers anys*, I. Barcelona: Departament de Cultura de la Generalitat de Catalunya, p. 159-160.
- MONTERO, I. (1994) *El origen de la metalurgia en el Sudeste de la Península Ibérica*. Almería: Instituto de Estudios Almerienses.
- MONTERO, I.; GÓMEZ RAMOS, P. i ROVIRA, S. (en premsa) «Estudi analític d'alguns materials metàl·lics de la necrópoli del Pla de la Bruguera». *La necrópolis de El Pla de la Bruguera - Centre de Distribució Sony, Castellar del Vallès, Vallès Oriental*. Memòries d'Intervencions Arqueològiques a Catalunya. Barcelona: Departament de Cultura de la Generalitat de Catalunya, en premsa, p. 73-76.
- MUNILLA, G.; GRACIA, F. i GARCIA, E. (1994-1996) «La secuencia cronoestratigráfica del Alto de la Cruz (Cortes de Navarra) como base para el estudio de la transición Bronce Final-Hierro en el Valle medio del Ebro». *Gala*, 3-5, p. 153-170.
- PÉREZ ARRONDO, C. L. i LÓPEZ DE CALLE (1986) *Aportaciones al estudio de las culturas eneolíticas en el Valle del Ebro II: los orígenes de la metalurgia*. Logroño: Gobierno de la Rioja / Instituto de Estudios Riojanos.

- PONS, E. (1984) *L'Empordà de l'Edat del Bronze a l'Edat del Ferro (1100-600 aC)*. Girona: Centre d'Investigacions Arqueològiques de Girona, Sèrie Monogràfica, 4.
- RAUREF, A.M. (1976) *La metalurgia del bronze en la Península Ibèrica durant la Edat del Hierro*. Barcelona: Universitat de Barcelona - Instituto de Arqueología y Prehistoria.
- RIGO, A. i MORER, J. (1977) «Les intervencions arqueològiques a l'autopista A-16: valoració de conjunt». *Tribuna d'Arqueologia* (1996-1997). Barcelona: Departament de Cultura de la Generalitat de Catalunya.
- RODRIGUEZ DE LA ESPERANZA, M.J. (1996) «Metalurgia en la Edad del Bronce: el sur de la cuenca media del Ebro». *Trabajos de Prehistoria*, 53/2, p. 77-93.
- ROS, M.M. (1989) *Dinámica urbanística y cultura material del hierro antiguo en el Valle del Guadalentín*. Murcia: Universidad de Murcia.
- ROVIRA HORTALÀ, M.C. (1993) «Estudi arqueometal·lúrgic de l'Illa d'en Reixac, (Ullastret Baix Empordà)». *Revista d'Arqueologia de Ponent*, 3, p. 65-149.
- ROVIRA HORTALÀ, M.C. (1993a) «Metal·lúrgia ibèrica: identificació i interpretació dels atuells de reducció i gresols arran de les troballes de l'Illa d'en Reixac (Ullastret, Baix Empordà)». *Cypselà*, X, p. 61-69.
- ROVIRA HORTALÀ, M.C. (en premsa) «Activités metallurgiques à l'extrême nord-est de la Péninsule Ibérique pendant l'âge du bronze ancien-moyen. Le site de Minferri (Lleida)». *Colloque International Bronze'96*, Neuchatel - Dijon, març 1996.
- ROVIRA HORTALÀ, M.C. (1996-1997, en premsa) «Les premiers objets de fer en Catalogne (VIIe-VIe s. av. n. ère)». *Recherches sur l'économie du fer en Méditerranée nord-occidentale* (Actes du Séminaire de recherche «L'économie du fer en Gaule méridionale»), Lattes juny 1996, Eds. M. Mergoïl, Montagnac.
- ROVIRA HORTALÀ, M.C. (1996-1997a en premsa) «Le travail du fer en Catalogne du s.VIIe au I er s. av. n. ère». *Recherches sur l'économie du fer en Méditerranée nord-occidentale*, (Actes du Séminaire de recherche «L'économie du fer en Gaule méridionale»), Lattes juny 1996, Eds. M. Mergoïl, Montagnac.
- ROVIRA HORTALÀ, M.C. (1997) «Uso y manipulación del metal en el poblado protohistórico de Els Vilars, Arbeca (Lleida): los materiales de cobre y bronce». *Revista d'Arqueologia de Ponent*, 7.
- ROVIRA LLORENS, S. (1989) «Estudi analític de la fibula», dins J. Gallart i E. Junyent (eds.) *Un nou tall estratigràfic a la Pedrera, Vallfogona de Balaguer Tèrmens, La Noguera, Lleida*. Espai i Temps, Quaderns del Departament de Geografia i Història de l'Estudi General de Lleida, p. 121-122.
- ROVIRA LLORENS, S. (1989-1990) «Estudio analítico de dos punzones de la Cova de Punta Farisa (Fraga)». *Estudios de la Antigüedad*, 6/7, p. 57-60.
- ROVIRA LLORENS, S. (1993) «La metalurgia de la Edad del Hierro en la Península Ibérica: una síntesis introductoria», dins R. ARANA; A.M. MUÑOZ; S. RAMALLO i M.M. ROS (eds.) *Metalurgia en la Península Ibérica durante el primer milenio aC estado actual de la investigación*. Murcia: Universidad de Murcia, p. 45-70.
- ROVIRA PORT, J. i CASANOVAS, A. (1993) «El depósito de brazaletes de Sant Aleix (Lleida) y los depósitos de objetos metálicos del Bronce Final en Cataluña». *Complutum*, 4, p. 69-90.
- RUIZ ZAPATERO, G. (1992) «Comercio protohistórico e innovación tecnológica: la difusión de la metalurgia del hierro y el torno del alfarero en el NE de Iberia». *Gala*, 1, p. 103-116.
- RUIZ ZAPATERO, G. i ROVIRA PORT, J. (1994-1996) «La producción, la circulación y el control del metal: del bronce medio a la edad del hierro en el NE. de la Península Ibérica». *Gala*, 3-5, p. 33-47.
- SANAHUJA, M.E. (1971) «Instrumental de hierro agrícola e industrial en época ibero-romana en Cataluña». *Pyrenae*, VII, p. 61-110.
- SERRA RAFOIS, J. (1968) «La indústria del ferro a Catalunya abans de la romanització». *Actas de la 1ª reunión de historia de economía antigua de la Península Ibérica*, Papeles del Laboratorio de Arqueología de Valencia, V, p. 1-19.
- TOLEDO, A. (1990) *La utilització de les coves des del calcolític fins al bronze final al nord-est de Catalunya (2.200 - 650 aC)*. Tesi doctoral inèdita.
- TYLECOTE, R.F. (1987) *The early history of metallurgy in Europe*, Longman archaeology series. Londres - Nova York.
- VERGER, S. (1996) «Les dépôts de l'âge du bronze», *Archéologia*, 321, p. 34-39.

**M. Carme Rovira i Hortalà** ha cursat estudis d'especialització en paleometal·lúrgia. El 1991 obtingué el grau de llicenciatura amb el treball «Estudi arqueometal·lúrgic de l'Illa d'en Reixac (Ullastret, Baix Empordà)». També ha efectuat recerques sobre l'evolució de la siderúrgia en territori andorrà: la farga catalana i els seus precedents. Des de 1989 forma part de diversos equips d'investigació i desenvolupa projectes centrats en la producció i l'ús del bronze i del ferro a Catalunya durant la prehistòria i la protohistòria.