CONCLUSIONS

12. MODELS COMPARATIUS D'EVOLUCIÓ TECNOLÒGICA DE LA SIDERÚRGIA EN ÈPOCA PROTOHISTÒRICA

La historiografia específica dels estudis arqueometal·lúrgics presenta mancances relatives a l'existència d'un autèntic *corpus* homogeni d'investigacions vers el ferro protohistòric. Els treballs efectuats mostren una molt àmplia diversitat de difícil comparació, no existint reculls monogràfics d'interpretació d'objectes de característiques unitàries que, principalment agrupats en aspectes cronològics, tipològics i d'ubicació geogràfica, permetin obtenir-hi possibles patrons d'interpretació històrica i tecnològica.

Els estudis existents dels materials de major antiguitat corresponen a objectes puntuals de contexts força diferenciats, des de la península Índica al Proper i Mitjà Orient. De les interpretacions parcials per àrees geogràfiques s'extreu la diversitat de qualitats de metall que, dins similars conjunts, sembla motivar-se més per la finalitat de l'estri i l'habilitat individual dels artesans que per l'evolució tècnica al llarg dels temps [463]; en el Creixent Fèrtil, a les molt diverses produccions s'adverteix utilització de l'acer i, molt possiblement, de la tècnica de la cementació des de cronologies de finals del II mil. a.C., essent desenvolupats la resta de procediments de millora metal·lúrgica en les immediates centúries següents [464].

---

[463] En la siderúrgia protohistòrica hindú s'han identificat materials molt antics amb laminat ferro-acer (ganivets de Komaranahalli, s. XIII-XII a.C., aixes de Tadakanhalli, s. XI a.C.), i tallants d'acer de distribució heterogènia i aleatòria de carboni de cronologies posteriors (Mahurjhari, s. VI-V a.C.).
AGRAWAL, O.P. *et alii* (1992) "Development of iron metallurgy in ancient India", *Richerche e prespective. Atti del Colloquio Internazionale di Archeometallurgia (Roma, 1988)*, pp. 369-399
PRAKASH, B. (1989) "Methods of iron-making in early India", *Archaeometallurgy of iron (1967-1987), Symposium Liblice 1987*, pp. 307-332

[464] D'entre els materials egipcis estudiats per Carpenter i Robertson, en destaquen les ganivetes cementades (s. XIII-XII a.C.) i les dagues i ganivets (s. VIII a.C.) amb cementació i tremp; també de l'àrea d'influència cultural egípcia, s'han identificat ganivets amb làmines de diferent percentatge de C (s. IX a.C.) i el conegut pic de Mont Adir (Israel), amb la punta cementada (s. XII a.C.). De l'ingent volum d'objectes de ferro identificats a Nimrud (s. X-VIII a.C.), es pogué determinar la cementació com a procediment habitual i la pràctica puntual del tremp.
APRAIZ, J. (1978) *Fabricación de hierro ...,* op.cit. 8, pp. 23-24
MADDIN, R. *et alii* (1977): "Como empezó ...", op.cit. 18, pp. 95-99
MOHEN, J.-P. (1992) *Metalúrgia Prehistórica ...,* op.cit. 2, pp. 175-179

A partir de les dades existents, i establint paral·lelismes d'evolució tecnològica amb la iconografia i les fonts clàssiques, R. Pleiner [465] establí una línia d'hipòtesi de les tècniques aplicades als primers objectes de ferro d'Europa; no necessàriament consecutives cronològicament, s'han considerat paradigmàtiques de la progressió tècnica siderúrgica, essent utilitzades com a model i eix d'equiparació de posteriors estudis [466]:

A. conformació de l'objecte a partir del metall ferro;
B. utilització de forma aleatòria de ferro i acer amb contingut de carboni heterogeni (0.5-0.9 % C), de forma no intencionada;
C. utilització de metall compost d'acer amb contingut de carboni homogeni (al voltant del 0.35% C);
D. utilització de ferro tractat a les àrees on precisa de majors necessitats mecàniques, on s'efectua el tractament de cementació, és a dir, enriquiment de carboni localitzat;
E. conformació dels objectes a partir de la superposició de làmines, o fragments de masser aplanats, de ferro i acer de diversa carburació, permetent la combinació de metall amb diferents qualitats, segons les necessitats mecàniques zonals de l'estri.

En l'esmentat marc teòric, hi tenen cabuda les diferents interpretacions obtingudes dels relativament minsos anàlisis metal·lúrgics efectuats. Tanmateix, la possible seqüència d'evolució en la tècnica emprada s'adapta de forma aproximada a la realitat del continent europeu, evidenciant que els diferents estadis tecnològics poden ser sincrònics en dependència del nivell assolit en les diverses subàrees geogràfiques.

Els estudis de l'àrea cultural grega identifiquen una evolució singular, amb cronologies inicials vinculades als focus històrics de primera transmissió de la tecnologia. Si bé des del s. XII a.C. es troba constatat el tractament termoquímic de cementació en un estri d'Idalion (Xipre), no hi ha plena

[465] PLEINER, R. (1980): "Early Iron Metallurgy ...", op.cit. 142, pp. 375-415

[466] La compilació d'estudis i analítiques realitzada per R. Pleiner li possibilitaren el suggerir una línia d'hipòtesi en consonància a la difusió del nou coneixement a Europa, en la qual podia incloure els materials fins aquell moment coneguts. La prudència de l'afirmació de l'investigador txec, on és palesa la manca d'un més nombrós i uniforme *corpus*, s'ha transformat en posterioritat en dogma acceptat acadèmicament.
MOHEN, J.-P. (1992) *Metalúrgia Prehistórica ...,* op.cit. 2, pp. 178-179

evidència de la utilització de l'acer de forma homogènia i controlada fins el s. VIII a.C. [467]; en aquesta cronologia s'observen inicials tractaments tèrmics com la recristal·lització o el tremp, el qual sembla perfeccionat a partir del s. V a.C. amb l'adopció del tremp suau i tècniques de soldadura entre làmines de ferro i acer [468].

A l'Europa Central, amb cronologies anteriors al s. V a.C., sembla versemblant que la major part d'objectes es conformaren amb ferro o amb acer heterogeni (A i B, de la classificació Pleiner), corresponent en bon nombre a atuells que no precisaven de superiors propietats mecàniques a les ja aportades pel metall sense tractaments i d'altres que, contraposadament, si que en necessitaven, fet que demostra el desconeixement dels tractaments que calien per proporcionar les esmentades propietats. [469]; en un percentatge minoritari es trobaven els objectes pels quals s'emprà acer carburat uniformement o amb tractament de cementació (C i D), essent bàsicament dedicat a tipologies de tall, punta o percussió [470]; en un nombre molt minoritari s'identificaren estris elaborats a partir del laminat (E), amb soldadura ferro - acer, els quals corresponen a armament i eines industrials [471]. A partir d'època La Tène, els anàlisis de

[467] PLEINER, R. (1969) *Iron working in ...*, op.cit.. 10, pp. 35-36

[468] D'aquest període són característics els útils analitzats originaris d'Al Mina, colònia grega del Mediterrani Oriental; una de les aixes estudiades presentava conformació a partir de dues làmines, una de carburada i l'altra de ferrítica, que foren martellades juntes en calent; del mateix conjunt, un punter mostra tremp amb una microstructura martensítica generalitzada, a excepció de la punta, perlítica i menys fràgil obtinguda per un acurat cobriment durant el refredament ràpid de la peça
MADDIN, R. *et alii* (1977): "Como empezó ...", op.cit. 18, pp. 95-99

[469] Fora el cas del ferro pur emprat en l'ornamentació i les rodes dels carros funeraris de Byci Skala (Txèquia), de Vix i Apremont (França) o de Hochdorf (Alemanya); amb acer heterogeni són elaborats la major part de les *currency bar* estudiades de Suïssa, Alemanya, França i Anglaterra; els materials del santuari de Gournay-sur-Aronde (Oise, França), on són presents *currency bar,* javelines, llances, umbus i cadenes són també elaborats amb ferro o acer heterogeni, amb la característica de no haver estat sotmesos a recristal·lització; en ferro pur es produïren algunes de les espases dels *oppida* d'Steinsburg, Stare Hradisko i Stradonice, essent excessivament maleables per les necessitats mecàniques exigides.
MOHEN, J.-P. (1992) *Metalúrgia Prehistórica ...,* op.cit. 2, pp. 175-180

[470] A aquest grup podrien incloure's, entre d'altres, alguns materials originaris del túmul 17 d'Ossun (Hautes Pyrénées); una espasa celta del 500 a.C. amb matriu acerada i el perímetre amb major percentatge de carboni i granulometria no deformada, el que indicaria una cementació i una recristal·lització o bé la superposició de làmines, si bé el tractament termoquímic de la cementació comporta que el metall es trobi per sobre la temperatura de recristal·lització essent, per tant, implícita. Tot i la millora tècnica, s'aprecia la característica presència molt nombrosa d'inclusions no metàl·liques i de partícules de Cu, indicadors d'una purificació poc acurada i de la utilització d'un forn on s'havia treballat prèviament el coure.
MOHEN, J.P. (1980) *L'Age du Fer ...*, op.cit. 1, pp. 55-59

[471] Diversos autors esmenten la utilització de fragments de masser, després estirats com a làmines, com la tècnica d'elaboració més lògica; si es vincula a la reduïda grandària dels forns

materials indicarien una tendència d'inversió estadística respecte l'etapa anterior, essent més generalitzada la utilització de làmines i els tractaments tèrmics i termoquímics per a millorar les propietats mecàniques dels objectes i, alhora, restant les tècniques més directes i menys elaborades per a estris sense necessitats específiques o en tallers de reparació o producció no especialitzada.

Els escadussers estudis metal·lúrgics realitzats a objectes de ferro protohistòrics de la Península Ibèrica formen part d'estudis monogràfics de jaciments concrets. Corresponen a l'estudi d'intenció exemplaritzant d'un petit grup de mostres, a voltes d'un únic objecte, que no ofereix ni localment ni en el seu conjunt una panoràmica aproximativa de la tecnologia representativa del context geogràfic o cronològic.

D'entre els materials més antics analitzats, destaca la identificació d'acer hipereutectoide en útils del Cerro del Peñón - Toscanos (Vélez-Málaga) (2ª meitat s. VII a.C.), molt probablement originaris dels tallers siderúrgics de la pròpia factoria colonial fenícia [472]. En cronologia lleument posterior, i en context precolonial al nordest peninsular, els estudis sobre tres ganivets del Pla de la Bruguera (Castellar del Vallès) (fin. s. VII – in. s. VI a.C.) [473] mostren diferencies entre dues peces de ferro, una amb distribució heterogènia de carboni i una altra d'acer dolç sotmès a tremp [474]; amb igual cronologia, és destacable la

---

emprats, a la baixa productivitat del procés de reducció, i a la obtenció, per tant, de masses petites, el procediment de treball a partir de fragments reduïts sembla justificat; la conversió del fragment en làmina es feia per forja, a temperatura, el que permetia, alhora, netejar d'inclusions la matriu de ferro. Aquesta fou genèricament la tècnica amb la qual es conformaren objectes de grandària considerable i necessitats mecàniques particulars, com algunes de les espases gales estudiades o els materials de Singen (Alemanya), amb tipologies d'armament ofensiu i estris industrials.
PLEINER, R. (1988) "Les débuts de la ...", op.cit. 205, pp. 179-185

[472] KEESMANN, I; NIEMAYER, H.G. (1989) "Un centro primitivo ...", op.cit. 82, pp. 103-107

[473] CLOP, X. *et alii* (1998) *El Pla de ...,* op.cit. 107, p. 104

[474] La granulometria ferrítica d'un dels ganivets s'esmenta deformada pel treball mecànic, fet que podria interpretar-se com un tractament de forja, portat a terme sota la temperatura de recristal·lització, o com a indici de posteriors reparacions de la peça a baixa temperatura, circumstància probable per ésser conformat l'estri amb metall molt mal·leable. Altrament i segons els investigadors, el ganivet trempat fou, tot seguit, revingut; no es disposa d'informació sobre la ubicació relativa i el sentit en la successió de les microstructures esmentades com a sorbítiques i martensítiques, que podrien indicar la formació estructural a partir de la velocitat de refredament provocada pel tremp, més ràpid al perímetre, on es formaria la martensita, i més lent a mesura que es penetra en el metall, on es formaria consecutivament la bainita superior, la bainita inferior i la perlita fina. No considerant el revingut com una pràctica prou difosa en aquestes datacions en el context peninsular, i en cas de que l'esmentat ganivet

interpretació de la tecnologia identificada a la ganiveta de Terraceras, on els investigadors assenyalen la possibilitat d'una peça no metàl·lica, defectuosa, representativa d'un estadi d'experimentació autòcton de les tècniques de la reducció del mineral i del treball del ferro [475].

En cronologies d'Ibèric Ple i Ibèric Final, sembla ésser representativa la utilització habitual de ferro i acer heterogeni, evidenciada la brida de cavall i al clau de Sigüenza (Guadalajara) [476] i a l'objecte indeterminat del poblat de La Oruña – Moncayo (Saragossa) [477]. Tanmateix, la major part dels estris analitzats coincideixen en mostrar, com a característica comuna, una matriu metàl·lica bruta d'inclusions no metàl·liques.

presenti la microstructura bainítica en la zona més externa, altres autors han esmentat la utilització d'elements físics per evitar la fragilitat ocasionada pel tremp i que proporcionarien estructures similars a les provocades pel tractament tèrmic del revingut.
MADDIN, R. *et alii* (1977): "Como empezó ...", op.cit. 18, pp. 95-99

[475] MARTIN COSTEA, A.; RUIZ ZAPATERO, G. (1981) "Terraceras I: Arqueometalurgia ...", op.cit. 78 , pp. 193-196.

[476] Es pogué observar en la brida una microstructura completament ferrítica, de gra recristal·litzat, i una d'hipoeutectoide de contingut variable de carboni al clau.
MADROÑERO, A. (1981) "Estudio de una pieza de la brida de un caballo y de un clavo encontrados en el yacimiento en curso de excavación ", Noticiario Arquelógico Hispanico, 11, pp. 222-227

[477] Compost per acer hipoeutectoide de contingut heterogeni de carboni.
HERNÁNDEZ, J.A.; MURILLO, J.J. (1985) "Aproximación al estudio...", op.cit. 211, p. 183

13. DESCRIPCIÓ DE LES CARACTERISTIQUES I VARIANTS TECNOLÒGIQUES DEL CONJUNT MOSTRAL

El conjunt d'objectes al qual ha tingut accés el present estudi es redueix a una mostra del *corpus* de materials de ferro preromans de l'àmbit geogràfic triat. No es tracta d'una mostra exemplar de la totalitat existent; tanmateix, el grup resulta representatiu de les produccions de determinades tipologies d'estri en cronologies i contexts concrets, permetent una visió del grau tecnològic assolit, com solució a les necessitats mecàniques de cada tipologia d'útil, i la seva pràctica en zones geogràfiques diferenciades.

A efectes d'interpretació de resultats, s'ha estudiat el conjunt mostral a partir de la interrelació de les dues variables bàsiques que el caracteritzen: cronologia i funcionalitat. A partir del paràmetre cronològic [478] es possibilita obtenir singularitats o característiques d'interès en cada estadi temporal, distingint les solucions tècniques aplicades o la seva manca. A partir del paràmetre funcional [479], es podrà advertir la possible diferenciació tècnica intencional amb la que els siderúrgics protohistòrics dotaren cada necessitat. La interrelació d'ambdós paràmetres introduirà elements per hipotetitzar vers l'evolució tècnica en la recerca de la gestió més òptima per resoldre els mateixos problemes, perfilant una línia de progressió comparativa.

CARACTERITZACIÓ CRONOLÒGICA [480]

Els objectes del conjunt mostral es troben datats en un hiatus cronològic comprès entre el 630 i el 200 a.C. (aprox.), en uns horitzons culturals que inclourien les etapes esmentades com a Preibèric, Ibèric Antic i Ibèric Ple en

[478] Les limitacions d'aquest paràmetre es poden donar en els materials provinents de jaciments amb cronologies àmplies o en aquells que, de llarga perduració, no foren excavats amb mètode d'interpretació estratigràfica.
[479] Dins el paràmetre funcional, cal esmentar les variants tipològiques que poden diferenciar en gran mesura les utilitats mecàniques. En aquest cas, són exemplars les diferències que s'exigeixen dins el grup d'elements bèl·lics, amb particularitats que poden ser contraposades entre espases i armament llancible.
[480] La base de dades emprada ha estat obtinguda dels cap. 11.1. i 11.2., resums, alhora, de les observacions i interpretacions dels materials d'estudi glossats en els cap. 9. i 10.

l'àrea d'estudi, assimilables a Bronze Final III, Ferro I i Ferro II. A efectes metodològics, i amb la finalitat de facilitar el procés comparatiu, s'han reunit els materials i les seves característiques en tres grups diferenciats: el de materials més antics diferenciats, el de materials de cronologia més àmplia, a cavall entre l'Ibèric Antic i Ple, i els materials versemblantment identificats com del s. III o inicis s. II a.C. Aquesta organització cronològica ha suposat que bona part dels materials de l'Àrea 2, a excepció dels corresponents a la fase 2 de la Moleta del Remei (Alcanar), s'incloguin dins el grup de materials més antics, on resulten majoritaris; contraposadament, les peces d'estudi de l'Àrea 1 estan presents en nombre reduït en el primer grup, únicament amb els materials de la Tomba del Guerrer (Llinars); els esmentats materials de l'Àrea 1 són majoritaris en el grup cronològic segon i aporten els únics elements del grup de materials de cronologia més tardana [481].

En el grup de materials més antics, corresponents a s. VII – inicis s. V a.C. i que es cataloguen entre els d'inicial cronologia en el nordest peninsular, s'han pogut constatar diverses evidències.

En referència a la conformació dels estris, si bé és majoritari el nombre d'objectes del conjunt mostral que fou elaborat a partir d'un únic bloc de metall, resulta especialment destacada la troballa de diverses peces conformades a partir de làmines, amb alternança de ferro i d'acer, variant en aquestes darreres entre unes i altres el percentatge de carboni. L'esmentada circumstància, representativa del domini tècnic de la soldadura ferro - acer, es troba present en la singular destral de Sant Jaume - Mas d'en Serra (Alcanar) (n.i.m. 2077), en dues espases i una javelina de característiques tipològiques diferenciades de la resta d'elements llancívols de l'aixovar de la Tomba del Guerrer (Llinars del Vallès) i en una punta de llança i un ganivet de Mas de Mianes (Sta. Bàrbara), amb la singularitat de que es tracta d'estris bèl·lics o de tall i què, en els materials provinents dels dos primers jaciments, els més

[481] No atorgant representativitat al conjunt mostral respecte la totalitat del *corpus* material, la seqüència de la seva distribució dins etapes cronològiques protohistòriques manté paral·lelisme en l'evolució político - demogràfica d'ambdues àrees, amb auges d'ocupació i desenvolupament urbanístic en fases clarament diferenciades.
JUNYENT, E. (2002) "Els segles de ...", op.cit. 89, pp. 17-35
SANMARTÍ, J. (1986) *La Laietania ibèrica...*, op.cit. 301

antics, es considera probable la seva procedència aliena [482]. La presència d'inclusions no metàl·liques, presents en la major part dels materials analitzats, resulta menor en les peces fetes a partir de làmines, essent un dels motius tècnics que generarien la seva pràctica ja des de cronologies de Ferro I.

En els estris conformats amb un únic bloc de metall, majoritàriament bruts d'inclusions d'escòria, la composició d'aquest és bàsicament d'acer de distribució heterogènia i aleatòria en el percentatge de carboni, amb zones gairebé ferrítiques i d'altres properes a l'eutectoide. Únicament dos claus de Sant Jaume – Mas d'en Serra (Alcanar) foren elaborats amb ferro sense carburar, possiblement per aprofitar, amb dos objectes sense especials necessitats mecàniques, les zones més toves del masser [483].

Els tractaments de millora de les propietats evidenciats en aquests objectes més antics presenten la recristal·lització, pròpia del treball en calent durant la conformació de l'estri o d'un escalfament darrer al treball mecànic per sobre de la temperatura de d'austenització, com el procediment més emprat, no essent present en determinats materials els quals, possiblement, foren objecte d'acabats o reparacions en fred; és molt destacada, la utilització del tractament tèrmic del recuit en un ganivet de Mas de Mussols què, amb cronologia de s.VI a.C., demostra la presència i potser coneixença de la tècnica al context. Altrament, cinc objectes, un ganivet i una punta de llança de Mas de Mianes (Sta. Bàrbara), una javelina i un ganivet de Mas de Mussols (Tortosa) i un element estructural o nervadura de Sant Jaume – Mas d'en Serra (Alcanar) presenten indicis de cementació, hipotèticament intencionada. No ha estat constatat cap altre tractament en el marc cronològic esmentat d'objectes provinents del conjunt mostral.

El segon grup cronològic de materials fora l'ampli ventall temporal que acull materials de finals d'Ibèric Antic i Ibèric Ple, amb datacions que inclourien des

[482] Hipòtesis fonamentades en aspectes contextuals i de caire tipològic. En la destral de Sant Jaume per la vinculació comercial contrastada amb elements fenicis, possiblement del sudest peninsular, i en l'aixovar del Guerrer de Llinars per via ultrapirinenca amb els grups cèltics del centre continental. Consultar caps. 9.4.1., 9.4.3., 10.4.1. i 10.4.3.

[483] Es tractaria de les àrees que, per color i dificultat relativa en l'acció del tallant, l'artesà advertiria amb menys duresa dins la massa de metall incandescent.

de mitjans de s. V fins a mitjans s. III a.C. A aquest hiatus es correspondria el grup més nombrós dels objectes del conjunt mostral estudiat [484].

La conformació d'aquest grup d'estris es troba dividida de forma molt similar entre la utilització de blocs únics i de làmines, evidenciant un creixement relatiu de la pràctica de l'ús de la superposició de làmines respecte el conjunt de materials de la fase més antiga, no existint diferències d'interpretació entre les dues àrees d'estudi [485]. A excepció de les peces conformades en làmines, on s'alternen capes de ferro i acer estructuralment diferenciades, s'aprecia un ús extensiu de l'acer amb diferents concentracions de carboni com a metall base de treball en un mateix útil, en detriment al metall de composició heterogènia [486] i al purament ferrític, circumstància que els permetria incorporar tractaments de millora específics i assolir-ne òptims resultats.

La pràctica de la recristal·lització continua essent habitual, fins el punt de que no hi ha testimoni de material reparat, el que pressuposa que si es produïren reparacions aquestes es feren a temperatura suficient per eliminar la deformació de la granulometria, a diferència d'etapes prèvies. A més de la utilització del tractament termoquímic de la cementació, observat en mostres més antigues, s'aprecia la pràctica dels tractaments tèrmics del tremp i del tremp suau, aquest darrer com a millora tècnica de l'anterior, en una mostra evident d'evolució del coneixement empíric dels procediments siderúrgics com a la llanta de carro de Montjuïc (Barcelona) o algunes de les puntes de llança de Puig Castellar (Sta. Coloma de Gramenet).

Dues de les mostres, originàries de Ca N'Olivé (Cerdanyola) i de la Moleta del Remei (Alcanar), presenten inclusions de partícules de coure o dels seus aliatges en les matrius de ferro, testimoniatge de la diversitat de la pràctica metal·lúrgica en cronologies i contexts similars, essent coetani l'elevat

[484] S'inclouen poblats i assentaments de cronologia àmplia com Puig Castellar (Sta. Coloma de Gramenet), la fase 2 de Moleta del Remei (Alcanar), les sitges de Montjuïc (Barcelona), Ca N'Oliver (Cerdanyola del Vallès), el Turó del Vent (Llinars del Vallès) i l'etapa inicial de Castellruf (Sta. Maria de Martorelles). En bona part d'ells, a diferència dels altres grups cronològics, la datació no pot estrènyer suficientment els marges per a ser convenientment classificats.

[485] Tot i l'esmentada no representativitat del conjunt mostral respecte la totalitat del *corpus* d'objectes de ferro protohistòrics del context geogràfic d'estudi, resulta constatat el fet de la generalització de la tècnica del laminat respecte els escadussers, si bé existents, exemples identificats en la fase anterior.

[486] On l'aleatorietat de difusió de carboni crea zones hipereutectoides i d'altres de ferrítiques aprofitades per l'artesà. Aquesta pràctica podria ser indicativa d'un coneixement primigeni o bàsic de les tècniques siderúrgiques.

coneixement empíric demostrat en l'elaboració d'alguns estris i la manca d'especialització pròpia de l'aprofitament de les mateixes infrastructures per diferents metal·lúrgies.

El tercer grup de comparació cronològica correspon als materials de jaciments o estratigrafies datades específicament del s. III o d'inicis s. II a.C., els quals es centren en la seva totalitat dins l'Àrea 1. Alguns d'aquests objectes es trobarien directament vinculats als fets d'armes de la conquesta romana i a les etapes finals d'abandonament d'estructures o fases poblacionals.
La conformació dels objectes d'aquesta cronologia es troba repartida de forma similar entre la utilització del bloc únic i de la superposició de làmines, no existint motivació tipològica aparent com a circumstància definitòria per una o altra tècnica. El model de conformació diferencial, i únic en la totalitat del conjunt mostral, es troba en els *pila* de Castellruf (Sta. Maria de Martorelles), que foren elaborats a partir d'una única làmina de metall enrotllant un eix central de carbons i restes de fusta que, alhora, havien de funcionar com agents carburants; la tipologia característica de les esmentades armes afirma el seu origen aliè a les produccions autòctones, singularitzant la seva tècnica com possiblement estranya a la siderúrgia local.
Paradoxalment a diferència de l'etapa anterior, en el conjunt mostral s'aprecia una majoria d'estris de metall amb percentatge de carboni de distribució heterogènia i aleatòria, amb zones gairebé ferrítiques i d'altres d'hipereutectoides, essent minoria els estris de composició exclusiva d'acer homogeni o amb làmines de metall ferrític i acer. Aquesta minva de nivell tecnològic i de qualitat siderúrgica palesa en els estris més moderns del conjunt mostral, es referma en la pràctica de tractaments de millora que es limita exclusivament a la pràctica no generalitzada de la recristal·lització.

EVOLUCIÓ TECNOLÒGICA – FUNCIONAL

Tot i la manca de representativitat del conjunt mostral, és simptomàtica l'evidència estadística de les tipologies dels objectes estudiats, la qual recolza l'afirmació de la utilització del ganivet com a estri polifuncional i precursor de les

posteriors diversificacions i especialitzacions funcionals [487]. En aquest sentit, els ganivets observats són més freqüents mostres d'estudi en l'Àrea 2 que a l'Àrea 1, apareixent com a tipologia dominant entre els objectes més antics i, en especial, en context no funerari.

Classificat en el conjunt mostral com d'ús personal, els ganivets analitzats no mostren especial diferenciació de característiques metal·lúrgiques en dependència a la seva cronologia. Des de datació antiga s'adverteixen dues clares alternatives vers l'estri, invariables al llarg del període d'estudi: algunes mostres denoten una preocupació per assolir les millors propietats, superposant dues o més làmines de ferro – acer [488], o, en el cas de peces conformades d'un bloc d'estructura ferrítica o lleument i aleatòriament carburat, cementant el tall i la punta; la resta de ganivets, de forma majoritària i singularment en les etapes menys primigènies, no exemplifiquen cap mena d'interès per assolir qualitats superiors a les proporcionades pel metall base; aquest fet induiria a hipotetitzar que l'especialització funcional de la siderúrgia produïda durant l'Ibèric Ple va relegar el model d'estri a activitats més quotidianes i personals, sense les necessitats de defensa o, fins i tot, d'eina que es pogueren atribuir als primers ganivets; amb una funció més complementària, fóra possible que els artesans comprenguessin no precisa una elaboració acurada, ans el contrari, la seva producció passà a ésser de procediment simple, amb baixa qualitat però suficient per la utilitat a desenvolupar; donada la senzillesa de la tècnica, possiblement els petits tallers locals especialitzats amb tasques més o menys senzilles com la reparació, en conformaren.

L'armament es troba present en les diverses cronologies compreses pel conjunt mostral, principalment en variants del subtipus d'element llancívol. A excepció d'una de les puntes de llança (n.i.m. 2015) de Mas de Mianes (Santa Bàrbara) i de la javelina singular de la Tomba del Guerrer (Llinars) (n.i.m. 2058) [489], totes les mostres de major antiguitat corresponen a útils elaborats a partir d'un únic bloc, de ferro pur o acer heterogeni, en les quals ocasionalment es demostra intencionalitat per millorar la capacitat de penetració de l'arma, cementant la

[487] AULADELL, J. (1992) *Origen i estudi...*, op.cit. 169, pp. 107-166
PLEINER, R. (1969) *Iron working in ...*, op.cit. 10, pp. 3-15
[488] Suposadament la més externa fora l'acerada.
[489] Segons els seus excavadors, en un conjunt d'influències ultrapirinenques. Veure nota 6.

punta o els talls. Els exemplars d'Ibèric Ple analitzats mostren superposició de làmines de majoritàriament, de forma paral·lela a tota la resta d'objectes produïts en aquesta època i, amb la mateixa intenció de l'etapa prèvia, algunes peces foren tractades per millorar les seves propietats, incloent-hi la tècnica possiblement més sofisticada de les que s'evidencien practicades en el conjunt mostral, el tremp suau; els tractaments s'adverteixen molt localitzats i destinats a obtenir la javelina o llança de condicions metal·lúrgiques més favorables per l'acció bèl·lica ofensiva. En les poques mostres d'estris bèl·lics del conjunt mostral corresponents al s. III i inicis del II a.C. no s'ha advertit la presència de millores tecnològiques respecte els estris d'etapes anteriors, a excepció del procediment innovador de pretendre fer una difusió de carboni des del nucli central apreciat en els *pila* de Castellruf (Sta. Maria de Martorelles).

Les escadusseres espases analitzades són totes de doble tall recte segons model cèltic. Les dues més antigues corresponen a l'aixovar de la Tomba del Guerrer (Llinars) i mostren un alt nivell tècnic amb superposició i soldadura de làmines d'acer de diferent percentatge de carboni i de ferro, procediment tècnic que si bé no impedí un remanent considerable d'inclusions en la matriu metàl·lica, possibilità la millora de propietats mecàniques. Les dues de cronologia posterior, originàries del Puig Castellar (Sta. Coloma de Gramenet), no aporten millores tecnològiques; contraposadament, una d'elles mostra estructura ferrítica sense indicis d'acer, en un procediment totalment inapropiat per la utilitat de l'estri, i no s'ha pogut constatar si estava elaborada en làmines o feta a partir d'una massa ferrítica o d'un bloc heterogeni del qual s'aprofitaren les zones no carburades.

En el grup heterogeni d'altres elements bèl·lics es poden incloure armes de caràcter molt singular. Amb datació Preibèrica i context d'importacions fenícies, la destral de Sant Jaume – Mas d'en Serra (Alcanar) (n.i.m. 2077) presenta superposició de làmines ferro – acer, el que permeté una acurada neteja d'inclusions no metàl·liques i la combinació de les diferents propietats mecàniques inherents a cada tipus de material, i que culminà, possiblement, amb tractaments superficials no identificats degut al pèssim estat de conservació de l'estri, denotant un elevat nivell tecnològic assolit, extemporani per etapes inicials del coneixement siderúrgic. La virolla analitzada de Puig

Castellar (Sta. Coloma de Gramenet), d'Ibèric Ple, presenta també superposició de làmines ferro – acer, fet què, apart de dificultats tècniques per assolir una soldadura eficient, li havia permès eliminar la major part de les inclusions no metàl·liques. En contradicció a una evolució lineal del coneixement, la virolla més moderna, originària de Can Bertomeu (Mataró), fou conformada d'una únic bloc, el qual, aplanat i estirat, fou convertit en làmina que s'enrotllà per definir el volum de l'objecte; brut de restes escoriàcies, l'estructura metàl·lica conservada mostrava acer heterogeni sense especials propietats mecàniques.

Els estris industrials es caracteritzen per una especialització que pot ser puntual en determinats atuells, els quals s'adapten al disseny i necessitats de l'element moble al que s'integren com a suport o reforç [490]. L'esmentada característica funcional pressuposa diferència de necessitats mecàniques i, en conseqüència, multiplicitat de tractaments per assolir les propietats requerides; altrament, el mateix grup pot ésser representatiu de produccions de caire massiu, més simples i grolleres, de caràcter genèric i àmplia funcionalitat, elaborats amb parts petites i sobrants dels massers.

Els estris industrials més antics, entre els quals es troba l'anella de la Moleta del Remei (Alcanar), són representatius del darrer model de produccions, elaborats a partir de blocs únics bruts d'escòries i de ferro pur o acer heterogeni.

La diversitat funcional del grup d'estris industrials analitzats corresponents a l'Ibèric Ple permet indicar possibles evolucions tecnològiques com a solució a vells problemes. La resposta a les necessitats mecàniques present en les tècniques adoptades es troba en l'elaboració dels atuells del carro de Montjuïc (Barcelona), on el clau que engarça la llanta perimetral i el cos perible massís mostra tremp, i si bé pogué ésser originari d'una producció no excessivament acurada [491], l'ús sistemàtic d'acer com a metall base i el tractament tèrmic de tremp li atorgaren el *plus* de qualitat necessari que no s'observa en els claus previs. La llanta i el travesser també adapten les novedoses tècniques a la funcionalitat de forma singularitzada. Amb igual especialització a la tasca a realitzar, s'interpreten els diversos elements estructurals estudiats de Puig

[490] AULADELL, J. (1992) *Origen i estudi...*, op.cit. 169, pp. 107-166
[491] Consultar cap. 9.1.2.

Castellar (Sta. Coloma de Gramenet) i Castellruf (Sta. Maria de Martorelles) i els models d'eines industrials, on s'empren làmines, cementació i tremp suau.
Els estris industrials estudiats del s. III a.C. presenten diferències d'elaboració ostensibles: hi ha existència de làmines ferro – acer i acer – acer en determinades eines, elements de carro i elements estructurals, sense cap tractament posterior, i conformació de bloc únic heterogeni en d'altres objectes.

El grup d'atuells agrícoles no es troba representat en els materials de major antiguitat del conjunt mostral, de forma similar a la molt relativa presència d'aquesta modalitat d'estri en el Ferro I del context geogràfic d'estudi. Presents en cronologies posteriors en àmbits ocupacionals, l'elaboració de l'esmentat tipus d'objectes s'ha vinculat historiogràficament a l'aplicació de tècniques i tractaments de millora de propietats, necessàries per l'activitat productiva continuada a desenvolupar [492], circumstància que justificaria la seva estesa existència a partir d'Ibèric Ple.
Les eines de fulla corba presentaven especial interès en la capacitat de fil esmolat i durador, en tasques de tall de materials de duresa tan diferenciada com tiges de cereals o branques de vinya o arbrat. Els objectes analitzats s'elaboren majoritàriament en resposta a les esmentades necessitats, a partir de làmines ferro – acer i cementació o amb blocs únics d'acer posteriorment trempats, intentant netejar acuradament d'inclusions la matriu metàl·lica. Aquestes tècniques són continuades en posterior cronologia, si bé no s'han determinat tractaments de millora durant la conformació de l'estri.
Les aixes, amb les seves variants de grandària i ambivalència, es caracteritzaven per la necessitat de talls o puntes de considerable duresa, en ocasions extrema, i tenacitat, en combinació amb cossos prou resistents per a suportar el treball específic. Similarment als estris bèl·lics o eines industrials, la qualitat deficient de les aixes es detectava des de l'inicial ús de l'útil, amb la deformació provocada per la manca de duresa al colpejar o amb l'obertura d'esquerdes i fissures causades per la fragilitat del metall o per l'existència d'inclusions no metàl·liques en la matriu. En el conjunt mostral únicament s'han

[492] AULADELL, J. (1992) *Origen i estudi...*, op.cit. 169, pp. 76-106
GLOTZ, G. (1920) *Le travail dans...*, op.cit. 325, pp. 11-19
HEICHELHEIM, F.M. (1958) *An Ancient Economic History*, pp. 123-136
JARDÉ, A. (1979) *Les cereals dans ...,* op.cit. 33, pp. 19-21

inclòs aixes simples o complexes originàries de Puig Castellar (Sta. Coloma de Gramenet), essent únic l'origen i cronologia i, per tant, no susceptible a comparació tecnotipològica amb d'altres paral·lels del mateix conjunt; tanmateix, la major part dels objectes estudiats evidencien una indubtable intencionalitat d'aplicar tots els coneixements existents per assolir les necessitats dels estris, incorporant superposició de làmines ferro - acer o bloc únic d'acer amb tractament tèrmic de tremp per aconseguir major duresa.

Classificat en el grup d'altres estris agrícoles, una agullada i una suposada destral de Puig Castellar (Sta. Coloma de Gramenet) presenten característiques metal·lúrgiques similars, en igual context geogràfic i cronològic. De necessitats funcionals diferenciades [493], la conformació de l'agullada a partir d'acer de distribució heterogènia de carboni, sense cap tractament posterior, era suficient per les seves necessitats mecàniques; la destral era d'estructura ferrítica i bruta d'inclusions no metàl·liques, testimoni d'una tècnica siderúrgica inapropiada per a la seva utilitat.

[493] L'agullada és una simple planxa de ferro recta a la qual s'engarça un emmanegament de fusta pel tub, format d'una peça amb la fulla, i s'utilitza per despendre la terra que s'adhereix als estris i, en particular, a les relles d'arada, essent generalment vinculades al seu ús; la funció esmentada no precisa de condicions específiques de duresa o tenacitat. La destral de finalitats agrícoles s'esmenta com a útil per tallar branques de fruiters o per la desforestació, en tasca complementaria al podall o falçó.
AULADELL, J. (1992) *Origen i estudi...*, op.cit. 169, pp. 96-97
PLA BALLESTER, E. (1968) "Instrumentos de trabajo...", op.cit. 169, pp. 147, 155
SANAHUJA, E. (1971) "Instrumental de hierro ...", op.cit. 169, pp. 89-90

14. HIPÒTESIS I LÍNIES ARGUMENTALS SOBRE DESENVOLUPAMENT I TECNOLOGIA DEL FERRO AL NORDEST PENINSULAR

El conjunt mostral estudiat presenta característiques de diversitat zonal, dins el nordest peninsular, de tipologia d'objectes i cronològic. La possibilitat de disposar d'una facies temporal compresa entre mitjans del s. VII a.C., en l'etapa de coneixement inicial del ferro en el context geogràfic, fins a finals de s. III a.C. i inicis de s. II a.C., permet disposar d'una visió amplia a partir d'un coneixement metal·lúrgic dels materials.

S'evidencia que no existeix una evolució lineal del coneixement de la siderúrgia protohistòrica en el context. Aquest fet ja era historiogràficament constatat amb la troballa d'instal·lacions pel treball del ferro en cronologia del s. VIII a.C. en el poblat fortificat dels Vilars d'Arbeca; les estructures identificades significaven una diferència tecnològica respecte la resta de territori, encara en ple Bronze Final, que no tindrà coneixement de la metal·lúrgia del nou metall fins els contactes comercials amb elements d'ètnia semita durant el segle posterior. Tanmateix, manquen estudis aprofundits sobre les característiques metal·lúrgiques dels objectes de ferro dels Vilars i de la seva possible àrea d'influència, els quals podrien permetre establir diferenciacions amb els suposats materials provinents del comerç colonial.

Els contactes amb els comerciants fenicis afecten decisivament l'organització social dels poblaments autòctons, entre d'altres motius per la necessitat d'obtenir i subministrar matèries primeres als nouvinguts, moneda de canvi per articles manufacturats. Amb una munió de productes diversos, els minerals i el metall ferro semblen esdevenir preuats, tot i no haver estat identificat cap centre de reducció de mineral a escala comercial [494], i amb els articles que els fenicis bescanvien es troben inclosos estris de ferro [495].

[494] S'entén, establint paral·lelismes amb d'altres àrees productores mediterrànies de cronologia protohistòrica, que els comerciants s'emporten el mineral reduït i convertit en ferro. En una fase d'especialització i producció a molt major escala, els tallers de l'illa d'Elba – Populonia i d'Ischia, en són els models clàssics.

[495] Consultar cap. 2.1.

Els objectes de ferro d'origen comercial són produccions d'altres contexts socioculturals, a ben segur produïts en alguna de les colònies fenícies o gregues del Mediterrani Occidental, en els que el nivell tecnològic amb el que s'elaboren prové d'una arrelada tradició siderúrgica, iniciada a la segona meitat del II mil·leni a.C. Aquests materials no tindran relació amb fases primigènies del coneixement de la tècnica del ferro essent, per tant, alienes a la fenomenologia descrita en processos autòctons de descobriment, experimentació i evolució empírica de la siderúrgia.

En referència a l'estudi analític, i des del punt de vista tecnològic, en el conjunt mostral es constata la pràctica de les següents tècniques:

- finals s. VII a.C. – s. VI a.C.: coneixement i ús del laminat, amb soldadura ferro – ferro i ferro – acer, possiblement minoritari respecte al treball sobre el bloc únic de composició heterogènia de carboni; treball mecànic per sobre de temperatura de recristal·lització; pràctica puntual de la cementació i del recuit.
- s. V a.C. – ½ s. III a.C.: sembla que la utilització del laminat s'empra indistintament amb la conformació a partir del bloc únic, essent en tot cas habitual l'ús de l'acer; la recristal·lització es troba generalitzada i és comuna la pràctica del tractament termoquímic de la cementació i dels tèrmics de tremp i tremp suau.
- ½ s. III a. C. – inicis s. II a.C.: continuïtat de tractaments de l'etapa anterior si bé s'aprecia una menor qualitat general, treballant novament en blocs de carburació heterogènia i amb processos de purificació del metall poc acurats.

En referència a altres tractaments de millora de les propietats mecàniques, no ha estat observada cap pràctica de revingut o nitruració i una única de recuit, circumstància que, degut a les limitacions en nombre del conjunt mostral, no prova la desconeixença d'aquestes tècniques però que, almenys, les defineix com de pràctica inusual.

En cronologies de Preibèric i Ibèric Antic, han pogut ésser identificats objectes de característiques metal·lúrgiques especialment destacades, on la utilització

del laminat ferro – acer, amb les dificultats implícites de soldadura o el mateix recuit identificat demostren una evolució tecnològica contraposada a la d'una zona on la pràctica de la siderúrgia era, teòricament, desconeguda. Aquestes tècniques extemporànies a un inicial desenvolupament són presents en els objectes més antics i, si bé els anteriors poden ser considerats de possible origen aliè, els procediments esmentats s'apliquen freqüentment en objectes del conjunt mostral corresponents a cronologies d'Ibèric Ple. L'esmentada comprovació refuta les hipòtesis sobre la manca d'aceració i de tractaments tèrmics i termoquímics en materials protohistòrics del context geogràfic d'estudi, i pressuposa que les tècniques del treball del ferro autòctones no evolucionaren seguint l'esquema lineal de descobriment i progrés empíric, sinó que partiren de l'experiència i l'aprofitament del coneixement previ assolit importat pels nouvinguts colonitzadors.

Alhora, cal remarcar l'esmentada desigualtat contextual en diverses zones del nordest peninsular, que origina múltiples marcs d'interpretació oposats. En aquest sentit, i en paral·lel als estris més destacats, s'identifiquen d'altres d'elaboració molt més simple, els quals si que es podria identificar com a indicatius d'una fase tècnica inicial, i que, possiblement, foren imitacions dels anteriors o de models preexistents en la tradició metal·lúrgica del bronze; si bé morfològicament el darrer grup de materials és similar a l'anterior, les tècniques de conformació solen reduir-se a l'ús de blocs únics de ferro – acer de contingut heterogeni de carboni i els tractaments tèrmics es redueixen, en la major part dels exemplars, a recristal·litzacions provocades al treballar l'objecte en calent.

El conjunt d'objectes analitzats considerats teòricament autòctons a l'àmbit cultural es trobarien inclosos dins els amplis grups 1. i 2. de Pleiner [496], no existint cap successió entre ambdues suposades fases. Sembla evident que fora més difícil obtenir un masser de ferro pur que un d'heterogeni, amb zones ferrítiques i altres d'acer de composició diversa de carboni; el desconeixement de les primeres elaboracions en ferro significà una conformació directa a partir

[496] 1. Objectes de ferro pur; 2. objectes d'acer dolç i ferro; 3. útils forjats en acer carburat de quantitat constant, 0.35%; 4. armes i estris de tall de ferro dolç i tall cementat; 5. utilització del laminat amb ferro i acer.
MOHEN, J.-P. (1992) *Metalúrgia Prehistórica ...,* op.cit. 2, pp. 178-179
PLEINER, R. (1980): "Early Iron Metallurgy ...", op.cit. 142, pp. 375-415

de la massa obtinguda, emprant les diferents zones de carburació de forma aleatòria, sense incidir a les àrees de l'estri que, per necessitats mecàniques, els hi fos de millor utilitat un tipus de metall o altre. Aquestes primeres produccions, antítesi de materials de millor desenvolupament tècnic, es correspon amb l'argumentació teòrica que A.M. Snodgrass definí per la primera etapa de la siderúrgia al Mediterrani [497], on l'aparició del ferro en un context nou implica l'arribada d'importacions bàsicament de caire ornamental - votiu o bèl·lic, que seran, tot seguit, imitades a nivell local per aprofitar l'obertura del mercat al nou producte.

De l'estudi del conjunt mostral s'ha observat que la diversitat entre nivells tecnològics continua al llarg de l'Ibèric Ple. Especialment durant els s. V i IV a.C., del grup analitzat es desprèn que existeix un major coneixement tecnològic, tan aplicat a estris de valor de prestigi singular, com l'armament, com a d'altres de més prosaics, com rodes de carro de transport, atuells industrials o estris agrícoles. Per aquesta línia de productes el grau de coneixement és paral·lel al desenvolupament tècnic de la siderúrgia en d'altres contexts mediterranis i continentals sincrònics; obviant les prèvies diferències productives evidents entre l'inicial coneixement de la siderúrgia al context d'estudi i al Mediterrani Oriental, la generalització de l'aplicació de tractaments de millora de les propietats mecàniques en objectes d'utilitat pragmàtica, que a l'àrea d'influència grega i fenícia arriba al punt més alt àlgid entre els s. VI a.C. i IV a.C. [498], es constata en materials de similar cronologia del conjunt mostral, essent de qualitat comparable a les més elaborades produccions cèltiques, de més llarga tradició en el treball del metall.

Altrament, continua essent paral·lela a l'anterior una línia d'estris de tipologia similar però de condicions metal·lúrgiques prou limitades. En cronologies del s. III a.C., és paradigmàtic el fet que del limitat conjunt mostral, la presència majoritària d'estris correspongui a objectes de molt mediocres característiques metal·lúrgiques.

La manca d'especialització dels tallers, on la metal·lúrgia del bronze i del ferro continuen compartint infrastructures caracteritzen la producció local. La impossibilitat d'establir relacions d'identificació metal·logenètica amb jaciments

[497] SNODGRASS, A.M. (1980) "Iron and early ..." op.cit. 52, pp. 335-337
[498] Consultar cap. 1.1.

de mineral no permet disposar d'indicis fiables per atribuir el metall a mineralitzacions conegudes; únicament, la presència de manganès com a element minoritari en determinats objectes indicaria un possible origen pirinenc d'alguns dels minerals emprats, si bé l'existència de l'esmentat element és relativament abundant en nombroses menes del continent europeu i de la vessant mediterrània. La troballa de determinats elements intermedis, com l'esmentat manganès, en les inclusions d'alguns dels materials d'Ibèric Ple reafirmaria una reducció a temperatura mitjana - alta, identificadora d'un ja avançat procés siderúrgic.

A modus d'interpretació històrica, de l'estudi del conjunt mostral s'extreu la inicial conclusió que el fenomen d'introducció i generalització de la siderúrgia en el context geogràfic del nordest peninsular respon a una complexitat diferent, potser superior per la manca de suficient informació, a la que, de forma teòrica, s'interpreta en d'altres marcs geogràfics propers [499]. En aquest sentit, existeixen variables en quan a la introducció de la nova tècnica, que afecten tan a les característiques tecnològiques del seu coneixement com a la asincronia de difusió pel territori d'estudi; el conjunt mostral assenyala la compatibilitat temporal i geogràfica de nivells tecnològics diversos i alternatius, només assolibles a partir d'influències diferents i de presència de produccions colonials, totes elles paral·leles a la incipient producció local a ben segur basada en la imitació de models importats. No fora adient establir una línia de progressió tecnològica evolutiva per la multiplicitat de factors que intervenen en el desenvolupament de la nova tècnica, als quals s'afegeix la impossibilitat de considerar la zona d'estudi com una única entitat cultural i de poblament.
D'una part, sembla evident la presència d'objectes importats i, possiblement, de diversos orígens geogràfics i culturals; els conjunts d'armament i objectes ornamentals de la Catalunya Vella, majoritàriament en contextos funeraris de s. VI a.C., s'ha considerat historiogràficament que es vinculen a contactes materials amb els pobles cèltics continentals, en contraposició a la relació comercial semita de les comarques de l'Ebre i de Llevant; paral·lelament,

[499] COLLIS, J. (1989) *La Edad del ...*, op.cit. 3, pp. 58-59
KRISTIANSEN, K. (2001) *Europa antes de...*, op.cit. 55, pp. 296-305
PLEINER, R. (1993) "Early bloomeries in ...", op.cit. 55, pp. 181-188

sembla constatada l'existència d'una tradició prèvia en l'àrea de Ponent, no documentada en els jaciments que aporten materials al conjunt mostral. Determinats materials analitzats refermarien la translació antropològica que indica la generació d'imitacions possiblement locals, en tallers autòctons on, potser coneixedors del treball metal·lúrgic del bronze, adeqüen les seves tècniques al nou metall. En aquest marc d'interaccions provocades per les relacions comercials, l'establiment colonial grec a l'Empordà imposà, a partir del s. VI a.C., un nou factor de canvi tecnològic, apropant l'intercanvi a gran escala de productes manufacturats de tecnologia aliena, si bé ja elaborats a les noves factories on, a ben segur, els estris de ferro i acer es distribueixen generalitzant-ne l'ús; aquesta circumstància, i la resposta indígena amb l'adequació d'instal·lacions productives competidores a nuclis com Ullastret [500], es caracteritza en el conjunt mostral estudiat en els materials d'Ibèric Antic i inicis d'Ibèric Ple, on són nombrosos els exemples d'objectes de bon nivell metal·lúrgic.

La maduració del mercat i la progressiva coneixença del procés productiu per l'elaboració d'útils de ferro convertirà la generalització d'ús en generalització de producció, essent ja més habituals els tallers dedicats a la conformació i reparació dels estris en una seqüència cronològica observada durant els s. IV i III a.C. i segada pel trasbals sociopolític de la invasió romana.

La hipotètica línia d'argumentació acceptada en la difusió del coneixement siderúrgic a la l'Europa continental s'explica en un marc de domini territorial de caire supratribal, on el desenvolupament es caracteritza per l'especialització tècnica local en les diferents fases de la cadena siderúrgica, distribuint els esforços productius en una xarxa àmplia que precisa d'un poder coordinador únic [501]; l'evidència arqueològica implicaria l'existència d'explotacions centralitzades en uns pocs nuclis productors que, propers a àrees d'extracció, reduïssin el mineral i elaboressin lingots, els quals eren transformats en objecte per tallers intermedis, que posteriorment actuaven com a redistribuïdors, o pels propis tallers locals, presents en molts dels nuclis de poblament.

[500] Veure cap. 1.3.2.

[501] Aquesta organització d'articulació econòmica de la producció tindrà la màxima expressió en la definició del model imperial romà, on es crea una sistema complex d'interdependència vers al propi mercat.

Altrament, les característiques del context sociopolític del nordest peninsular assenyalen una evolució clarament diferenciada. La nova tecnologia coincideix amb un procés gradual de pas d'una societat d'organització suprafamiliar a estructures de poder més concentrades, en una progressió cap a models preestatals que es dilueixen amb la conquesta romana [502]. La manca gairebé absoluta en el registre arqueològic de lingots o *currency bar*, dins el context geogràfic, possibilita la hipòtesi d'una siderúrgia inicialment dispersa i local, on s'exploten vetes i menes properes, i es procedeix a l'execució de totes les etapes que conformen la cadena siderúrgica a molt petita escala de forma totalment autònoma; l'especialització d'alguns dels primerencs centres podria haver desenvolupat un reduït marc de focus productius vers estacions depenents, dins l'esmentada evolució de la concentració política i territorial que es portà a terme durant l'Ibèric Ple, competint amb les factories colonials que actuaren com a dinamitzador econòmic. Aquesta tendència podria haver-se aturat durant el s. III a.C., quan les creixents tensions territorials generaren la necessitat d'autosuficiència productiva.

Amb una producció atomitzada, on el nivell tecnològic pot ser clarament diferenciat en tallers sincrònics i d'igual marc geogràfic, resultaria explicable que alguns dels materials més moderns del conjunt mostral presentin característiques metal·lúrgiques especialment pobres, molt distants tècnicament a objectes d'etapes anteriors. En aquest sentit, la constatació de la reparació d'estris a baixa temperatura indicaria la necessitat d'aprofitar vells utillatges, en una mostra de la impossibilitat tècnica o econòmica - comercial d'aconseguir-ne de nous, circumstància que abocaria a solucions locals i poc especialitzades.

L'adveniment de la conquesta romana introduí considerables canvis en la tecnologia de la producció d'objectes de ferro, important i generalitzant procediments d'arreu de l'Imperi i organitzant una nova estructuració socioeconòmica de logística integrada, vinculada a un nou concepte global de mercat i de dependència política, annexant les característiques tecnològiques

[502] BURILLO, F. (2002) " *Oppida,* ciudades estado y *populi* en la transición del Ibérico Pleno al Tardío en el nordeste de la Península Ibérica", *Ilercavonia, 3*, pp. 205-220

desenvolupades per la cultura autòctona a un marc productiu genèric fins aquell moment totalment aliè a la siderúrgia ibèrica.