

# La siderúrgia pre-industrial a l'Europa mediterrània: elements per a una comparació

per Jordi Maluquer de Motes

El tractament més habitualment aplicat per la historiografia al tema de la producció de ferro a l'època pre-industrial no és, potser, suficient pel que fa a la dimensió ni el més adequat des del punt de vista analític. Un dels més il·lustres historiadors econòmics del nostre segle observava, l'any 1932, que «l'enorme preponderància de les indústries tèxtils als ulls dels polítics i dels teòrics de l'edat mitjana (prejudici de què Karl Marx encara és imbuït) ha perjudicat fins avui el progrés de la història del ferro».<sup>1</sup>

Més de cinquanta anys després podria pràcticament repetir-se aquell diagnòstic pessimista, afegint-hi, fins i tot, que la major part dels historiadors de l'antic règim continuen entestats a ignorar la indústria metallúrgica i a reservar un tractament molt privilegiat a la indústria tèxtil. Àdhuc en alguns dels millors treballs de síntesi, com ara els de Jan de Vries<sup>2</sup> o Kriedte,<sup>3</sup> es troba un tractament molt limitat del tema i, a més, d'una manera força discutible. Una altra dada ben clara: el ferro no apareix en la immensa literatura suscitada per l'actualíssim debat sobre el fenomen de la «protoindustrialització» —és a dir, del desenvolupament de la indústria abans del modern sistema de fàbrica— sinó d'una manera aïllada i marginal, sense que puguem comptar amb altra cosa que un limitat nombre d'aportacions autènticament renovadores en aquest context.<sup>4</sup>

\* Aquest text constitueix un resum de la meua comunicació a la XVIII Settimana di Studi organitzada per l'Istituto di Storia Economica Francesco Datini de Prato, celebrada l'any 1986. Vull fer constar el meu agraïment, a Luis M. Bilbao, Xan Carmona, Emiliano Fernández de Pinedo, Roberta Morelli i Arantxa Otaegui. El suport proporcionat per la CIRIT ha fet possible la realització de la recerca de base en què es fonamenta aquest treball.

1. Eli F. HECKSCHER, *Un grand chapitre de l'histoire du fer: le monopole suédois*, «Annales d'Histoire Economique et Sociale», III (1932), ps. 127-139 i 225-241. El parèntesi és a l'original. Albert France-Lanord assenyala, amb tota la raó al meu entendre, que «la utilització del ferro per l'home és certament el fet més important de la història de la humanitat fins als temps moderns» (*Evolution de la technique du fer en Europe occidentale de la préhistoire au Haut Moyen-Age*, «Le fer à travers les ages. Hommes et Techniques. Actes du Colloque International (Nancy, 3-6 octobre 1955)» [Nancy 1956], ps. 27-43; *vid.* p. 27).

2. Jan DE VRIES, *La economía de Europa en un periodo de crisis. 1600-1750* (Madrid 1979).

3. Peter KRIEDTE, *Feudalismo tardío y capitalismo mercantil* (Barcelona 1982).

4. Per exemple, Claude NORDMANN, *Aux origines de la révolution industrielle en Suède*, «Revue du Nord», LXI, 240 (1979), ps. 193-208.

Ès cert que no falten monografies i estudis molt especialitzats, però manca una visió global que ens permeti situar adequadament la producció, distribució i consum del ferro dins de les activitats econòmiques de l'Europa anterior a la Revolució Industrial. Amb aquest treball voldria proposar alguns elements comparatius per a compondre, algun dia, un panorama de conjunt de la siderúrgia pre-industrial dins l'àrea mediterrània europea, especialment en allò que es refereix als seus aspectes tecnològics.

### *Procediment directe i alt forn*

Sembla que la gestació d'una nova siderúrgia pre-industrial a Europa data de la primera meitat del segle XII. Fins aleshores el tractament del mineral es realitzava mitjançant tècniques manuals, amb baixos nivells d'especialització de la força de treball —integrada per camperols que només ocasionalment s'ocupaven de fondre ferro— i, com és lògic, amb productivitat reduïda. Des de la fase inicial d'aquesta nova siderúrgia, del 1100 a 1150, va tenir lloc l'adaptació de l'energia hidràulica al procés productiu, a partir d'un focus primitiu molt probablement situat a Catalunya, pel sud de França i altres regions meridionals europees.<sup>5</sup> Fins i tot al País Basc, al qual la historiografia tradicional atribuïa una tardana introducció de la nova tecnologia, les dates serien, bé que desconegudes, anteriors sens dubte a la darrerria del segle XIII.<sup>6</sup>

La utilització de l'energia cinètica generada pel desplaçament i el pes de l'aigua es dirigia a accionar, mitjançant un arbre mogut per una roda, grans martells o malls amb què es compactava la massa de ferro malleable i a injectar aire al forn, amb la finalitat d'activar la combustió. Ambdós processos permetien una acció més potent i més regular i comportaven substancials transformacions de la funció de producció i, en conseqüència, de l'estructura de costos, en aportar importants economies de mà d'obra i de carbó.

La fusió del mineral s'efectuava pel procediment directe o «sistema català» —l'obtenció del metall al forn baix sense cap pas intermedi—, la principal característica tècnica del qual consisteix en la reducció a baixa temperatura amb gran quantitat d'un agent reductor. Aquest sistema funciona d'una manera òptima a molt petita escala, però perd efectivitat a mesura que s'incrementa la dimensió de les operacions. Fins a tal punt és així, que quan una empresa que se'n servia decidia incrementar la capacitat de producció no ho feia augmentant la grandària de la instal·lació de què disposava, sinó que construïa un segon o un tercer forn. Per aquesta raó, entre les fàbriques de l'Arieja del segle XIX, n'hi ha algunes que tenien dos focs (La Molina, al riu de Saurat; Sant-Julian, Niaux i Cabre, a Vic-de-sòç; Lacor, Engomer i Mas d'Azil, a la vall de Massat) i unes altres amb tres (Rabat i La Ramada, a Vic-de-sòç).<sup>7</sup> Així doncs, la producció es realitzava en plantes de petita dimensió per fugir de les

5. Maurice DAUMAS, *Histoire Générale des Techniques. I. Les origines de la civilisation technique* (París 1962), p. 468. Aquest probable origen català pot haver estat motiu que hom coneguï el sistema directe de fusió del mineral com a «procediment català».

6. Luis María BILBAO, *La introducción de la energía hidráulica en la siderurgia vasca, s. XIII-XVI. Addenda et corrigenda a una versión historiográfica* (inèdit).

7. Toussaint NIGOU, *Les forges catalanes* (Foix 1886), ps. 15-16.

deseconomies d'escala. Aquesta estructura no es modificà substancialment durant més de cinc-cents anys.

El segon gran canvi tècnic de la siderúrgia europea va ésser la introducció de l'alt forn o sistema indirecte, amb el qual s'obté el ferro a través d'un producte intermedi, la fosa. L'alt forn, en el qual la dimensió vertical del forn més que duplica l'horitzontal, és el més eficient dels sistemes de fusió del mineral. Ara bé, la productivitat només assoleix nivells elevats en els forns d'una certa grandària. En aquest cas, les economies d'escala sí que adquireixen una importància transcendental, puix que als alts forns petits la calor es dissipa fàcilment, mentre que als grans, més capaços de conservar les temperatures molt elevades, no necessiten una quantitat proporcionalment més gran de treballadors. Els alts forns de grans dimensions economitzen, d'una manera progressiva en relació amb la grandària, combustible i mà d'obra.

No és gens estrany, doncs, que ja des dels segles XII i XIII augmentés l'alçada dels forns a Àustria i Alemanya mitjançant el procediment del Stückerfen, instal·lació de la qual es desmuntava un dels murs per tal de permetre l'eixida de la massa de ferro malleable. L'alçada dels forns es va anar incrementant fins a 1,50-4 metres a la segona meitat del segle XIV, amb la qual cosa s'aconseguia elevar la temperatura de la combustió i formar un aliatge de ferro i carboni més fàcil de fondre que el ferro mateix. Això feia possible un fort increment del rendiment i del producte i, en conseqüència, una important disminució relativa del consum de combustible. El complement necessari, és a dir, un procediment d'afinació que permetés transformar la fosa en ferro dúctil, fou també posat a punt simultàniament. A Renània, en aquest cas. Durant el darrer segle de l'edat mitjana la nova tecnologia es va difondre d'una forma bastant ràpida a partir del focus original germànic.

Després d'aquesta nova revolució tecnològica, el mapa siderúrgic europeu quedaria bàsicament estabilitzat fins al segle XIX, i presenta una divisió molt clara en dues grans àrees: l'Europa del nord i la del centre, on s'havia generalitzat l'alt forn, i les terres meridionals del continent, on es mantingueren les tècniques del procediment directe. El nord i el centre d'Itàlia, amb la coexistència de totes dues tecnologies,<sup>8</sup> constituïa una mena de zona de transició. Encara en la fase terminal de la siderúrgia pre-industrial, durant la primera meitat del segle XIX, es mantenien aquestes tècniques en els dos focus siderúrgics tradicionals espanyols: el País Basc i Catalunya.<sup>9</sup> També al Pirineu septentrional i a Còrsega era absolutament dominant el sistema directe, tot i que cap al 1820 només produïa una mica més del 8 % del total francès i experimentà un rapidíssim declivi en els decennis centrals del segle sota la concurrència insuportable del ferro amb el carbó mineral.

8. Domenico SELLA, *The Iron Industry in Italy, 1500-1650*, dins Hermann KELLENBENZ (ed.), *Schwerpunkte der Eisenverarbeitung in Europa 1500-1650* (Colònia 1974), ps. 91-105. També Manlio CALEGARI, *Origini, insediamento, inerzia tecnologica nelle ricerche sulla siderurgia ligure d'Antico Regime*, «Quaderni Storici», 46 (abril de 1981), 3, ps. 288-304.

9. José ALCALÁ ZAMORA Y QUEIPO DE LLANO, *Producción de hierro y altos hornos en la España anterior a 1850*, «Moneda y Crédito», 128 (1974), ps. 117-218. Del mateix autor, *Historia de una empresa siderúrgica española: los altos hornos de Liérganes y La Cavada, 1622-1833* (Madrid 1974).

QUADRE 1. *Producció francesa pel sistema directe*<sup>10</sup>

	nombre d'establiments	quintars anuals
1824	130*	93.470
1847	135**	108.451

\* tres es trobaven inactius.

\*\* vint-i-vuit d'inactius.

La historiografia que ha abordat la qüestió de la permanència del sistema directe al sud del continent acostuma a qualificar aquesta realitat com un fenomen d'endarreriment, resultat d'una mena d'inèrcia tecnològica. S'hauria tractat, així, d'un mètode comparativament poc eficient, la supervivència del qual des del segle XVII, amb la tècnica de l'alt forn ja bastant perfeccionada, només s'explicaria per les prohibicions d'importar ferros estrangers i, en molts casos, per la protecció proporcionada per la distància en mercats interiors aïllats. En resum, ja des del XVII els progressos del mètode indirecte i la seva generalització al nord i al centre d'Europa haurien convertit la siderúrgia meridional en quelcom de residual, escassament eficient i poc competitiu, que sobrevisqué, més malament que bé, arrossegant una lentíssima agonia.

Aquesta presentació, bastant estesa entre els historiadors,<sup>11</sup> contrasta amb la valoració positiva que és fàcil detectar entre els contemporanis. Les opinions de molts coincideixen a apuntar cap a un balanç molt diferent. Amb l'evidència fins ara disponible ha de donar-se la raó, em sembla, als experts de l'època i retirar-la als historiadors actuals.

Cal assenyalar, amb Schubert,<sup>12</sup> que l'elecció entre les distintes tècniques disponibles va tenir molta relació, encara que no d'una manera exclusiva, amb les característiques intrínseques del mineral disponible. En efecte, el tractament a què serà sotmès el mineral és funció de la disponibilitat dels recursos energètics que calen per a la seva reducció i de la qualitat de la mateixa mena. Aquesta darrera depèn, alhora, de la llei de les masses ferroses, però també dels altres components d'aquestes. En general, la siderita és més fàcil de desoxidar que l'hematita i més encara que la magnetita. A l'escala superior, pel que fa a la dificultat de reducció, hi ha els silicats de ferro.

Els jaciments explotats a l'època pre-industrial a la península Ibèrica contenen masses de mineral amb siderita i hematita principalment i, en alguns casos, un altre tipus de mena de fàcil reducció com és la goethita. Així succeeix en els famosos meners biscaïns i també als aragonesos (Sierra Menera i Sierra del

10. Per al 1824, A. M. HERÓN DE VILLEFOSSE, *Mémoire sur l'état actuel des usines à fer de la France* (París 1826), p. 26. Per al 1847, Jean VIAL, *L'industrialisation de la sidérurgie française 1814-1864* (París i l'Haia 1963), p. 17.

11. Un exemple, entre molts altres, podria ésser el de Pierre LEÓN, *Reflexions sur la sidérurgie française à l'époque ante-colbertienne (1500-1650)*, dins H. KELLENBENZ (ed.), *Schwerpunkte...*, ps. 106-125. Segons Léon, les fargues de l'Àrieja «perpetuen els mètodes més primitius» (p. 116). La meua valoració no coincideix en absolut amb aquesta.

12. H. R. SCHUBERT, *History of the British Iron and Steel Industry, c. 450 B.C.-A.D. 1775* (Londres 1957).

Moncayo). A totes dues zones es dona, a més, la circumstància que el contingut mitjà de ferro és francament elevat. Les mateixes condicions, alta llei metàl·lica del mineral i facilitat de reducció, es reuneixen als jaciments pirinencs de l'Arieja (Rancié), Andorra (Ransol) i Catalunya (Vallferrera, al Pallars, i Vetera —el més gran del sud de França—, al Canigó). La península italiana té només petits dipòsits de mineral de difícil reducció i de baixa llei. Quelcom de semblant passa en el cas de Grècia. En canvi, a l'illa d'Elba i a la de Thassos existeixen jaciments relativament abundants i de qualitat considerable. A Portugal quasi totes les reserves es localitzen a Moncorvo, al NE del país i ben a prop de la frontera espanyola. Fins i tot avui aquest dipòsit s'explota a molt petita escala.<sup>13</sup>

Així doncs, els principals meners explotats fins a mitjan segle XIX foren els de les zones biscaïna i pirinenca i el de l'illa d'Elba, tots caracteritzats per la facilitat de reducció i pel seu elevat tenor metàl·lic. Només aquests tipus de minerals consentien eficientment el benefici emprant tècniques directes. Això explica d'una manera satisfactòria l'abandonament del mètode directe allí on no eren disponibles els tipus de mineral més adequats. No justifica, però, el manteniment del procediment català a l'Europa del sud, on també hauria pogut introduir-se —cal pensar que amb bons resultats— l'alt forn.

En un primer nivell d'aproximació pot formular-se, això no obstant, una proposta d'interpretació de caràcter general d'aquest fenomen força convincent. Cal assenyalar, en primer lloc, que els costos de transformació de la siderúrgia tradicional no depenien tant dels preus de la fusta —tòpic molt estès en la història del ferro— com del volum total dels costos salarials corresponents al nombrosíssim conjunt de treballadors que participaven en l'elaboració i en el transport del combustible. Georges Hansotte ha aconseguit reconstruir l'aportació relativa de cadascun dels elements que intervenien en la formació del preu de cost del carbó vegetal de diverses empreses siderúrgiques tradicionals de Bèlgica.<sup>14</sup> Les seves conclusions són molt aclaridores: l'encariment de la fusta mateixa difícilment podia comprometre la rendibilitat i la viabilitat de l'empresa siderúrgica. El cost del transport del carbó fins a la planta, en canvi, sí que podia assolir un pes determinant.

El problema de la carestia del carbó era, doncs, condicionat per l'extensió i la densitat de les masses forestals més que no pas pel preu de la fusta. En aquestes condicions, els costos relatius del combustible són més o menys elevats en funció del ritme de reconstitució de la massa forestal. En els paisatges naturals, el més important dels factors ordenadors de la vegetació és el clima. Per aquest motiu, el bosc creix més lentament al sud d'Europa, amb climes càlids i escassa pluviositat, que al nord d'Europa. Al començament del segle XIX hom calculava el rendiment mitjà per hectàrea de la producció de fusta a la Xampanya i altres regions siderúrgiques del nord-est francès gairebé 2,5 vegades superior al de l'Arieja.<sup>15</sup>

13. NACIONES UNIDAS, *Estudio de los recursos en mineral de hierro del mundo* (Nova York 1972).

14. Georges HANSOTTE, *La métallurgie et le commerce international du fer dans les Pays-Bas autrichiens et la Principauté de Liège pendant la seconde moitié du XVIIIe siècle* (Brusselles 1980), p. 92.

15. Denis WORONOFF, *Forges prédatrices, forges protectrices*, «Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest», 55 (1984), 2, ps. 213-218. *Vid.* p. 216.

Els centres siderúrgics meridionals del continent havien de proveir-se de carbó sobre un territori sensiblement més extens que els centres siderúrgics septentrionals, amb les repercussions negatives que es poden suposar en l'estructura de costos i en els preus dels productes manufacturats. En efecte, els alts forns, amb una producció més de tres vegades superior a la dels forns baixos, hagueren vist carregats, als països de clima eixut, els seus costos de transformació per un transport molt més car, puix que les distàncies des dels punts de carboneig fins als establiments haurien estat molt més grans. En altres paraules, els costos de transformació de cada planta augmentarien més que proporcionalment respecte a l'increment de la producció. L'opció més racional, doncs, hauria d'inclinar-se forçosament cap a les instal·lacions de petites dimensions.

En resum, el procediment directe va continuar a la major part del sud d'Europa, com a mínim per dues raons. Una, per la possibilitat de tractar una mena de llei elevada i de fàcil reducció per a la qual el sistema era molt eficient; i l'altra, perquè constituïa la millor fórmula per minimitzar els costos de combustible a causa del baix consum d'aquest, d'acord amb el també escàs volum de producte per planta.

#### *Les variants del sistema directe a l'Europa meridional*

El procediment català, o sistema directe, va experimentar al llarg del temps alguns canvis tecnològics de força importància que obliguen a procedir a una classificació complementària. El centre siderúrgic més eficient sembla haver estat l'àrea del Pirineu francès i català, on resulten bastant clars els avantatges del sistema directe en termes de costos davant el mètode de l'alt forn, fonamentalment pel seu menor consum de combustible i de mineral. El quadre 2 en mostra les dades bàsiques. La més gran intensitat del treball, i amb ella els més elevats costos salarials, no arriben a neutralitzar aquells avantatges.

QUADRE 2. *Cost d'un quintar mètric, cap al 1825, a França* \* <sup>16</sup>

	sistema directe	alt forn
mineral	8	10,36
carbó	35	37,46
salaris	6,10	3,66
altres	9,03	10,33
benefici	6,96	7,41
	65,09	69,22

\* en francs i en cèntims.

Concretament, per obtenir una unitat de ferro de primera qualitat mitjançant el sistema indirecte a la regió de l'Alta Saona es necessitaven 1,75 unitats

16. A. M. HÉRON DE VILLEFOSSE, *Mémoire sur l'état actuel des usines à fer de la France* (París 1826).

de carbó vegetal i 1,5 unitats de fosa, per a l'obtenció de la qual havia calgut utilitzar 2,25 altres unitats de carbó (essent necessàries 1,5 unitats de carbó, per cada unitat de fosa obtinguda). Existia, doncs, una relació carbó-producte de 4:1. A les fargues del Pirineu de Foix o de Catalunya, això no obstant, la relació se situava a només 3,75:1 en els casos menys favorables,<sup>17</sup> amb un estalvi de l'ordre del 6,2 %.

Altres experts de finals del segle XVIII, com Tronçon de Soudray, Duhamel i el baró de Dietrich compartien el punt de vista d'Héron de Villefosse i efectuaven una valoració encara més optimista del sistema directe, fins a tal punt que podien proposar la generalització del procediment, «*qui devoit [sic] operer una économie si considérable dans la consommation du bois*».<sup>18</sup> L'èxit del sistema depenia, però, de la fusibilitat excepcional de les venes dels dipòsits de Sem, a la vall de Vic-de-sòç, i de Vetera, a Canigó.

Els bons resultats de la variant franco-catalana del sistema directe era encara fonamentada en les condicions econòmiques, més còmodes que les dels alts forns, en què podia desenvolupar-se l'empresa: escassa inversió inicial i reduït capital circulant. Les mateixes circumstàncies reunien, tanmateix, altres zones mediterrànies però amb resultats ben diferents. Les fargues lígurs competien amb èxit amb els alts forns de la Toscana i d'altres regions italianes.<sup>19</sup> Des del segle XVII havien introduït, com la regió pirinenca francesa i Catalunya —probablement des d'un focus original a la mateixa regió lígur—, la tècnica de les trompes eòliques,<sup>20</sup> més eficient que les manxes i, a més, empraven alguna quantitat de fosa per tal de facilitar la fusió del mineral. A l'hora de competir, però, amb el ferro català, en aquells mercats que compartien, com ara el calabrès, l'avantatge era per al producte procedent de Barcelona, almenys en alguns moments del segle XVII.<sup>21</sup>

L'explicació d'aquestes diferències sembla raure de nou en la distinta fusibilitat del mineral i, a conseqüència d'això, en la més gran exigència de carbó vegetal, a la qual cosa hauria d'afegir-se, carregant els costos, l'adquisició de la fosa. Sense comptabilitzar el combustible emprat en l'obtenció d'aquesta darrera matèria, la relació carbó-producte ultrapassava netament, a les fargues genoveses, la proporció 4:1.<sup>22</sup>

Gràcies al fet de comptar amb algunes circumstàncies favorables, com ara, i molt principalment, l'aïllament geogràfic, la siderúrgia corsa pogué sobreviure

17. Aquest càlcul és el menys favorable a la meua argumentació. Amb informacions distintes, Woronoff troba *ratios* de 4,6:1 i de 3,5:1 per als alts forns i les fargues respectivament (D. WORONOFF, *op. cit.*, p. 215).

18. M. LE BARON DE DIETRICH, *Description des gîtes de minerai et des bouches à feu de la France* (París 1786).

19. M. CALEGARI (*op. cit.*, p. 296) recorda que els ferros genovesos resultaven, com a mínim a la darrera del segle XVI, a més baix preu que no pas els toscans.

20. La qüestió de la cronologia de la introducció del sistema de les trompes hidro-eòliques no és pas definitivament clarificada. Jean Schneider (*Fer et Sidérurgie dans l'Economie européenne du XIe au XVIIe Siècle*, dins *Le Fer...*, ps. 111-141, *vid.* p. 121) sembla atribuir-la a la primera meitat del segle XII —bé que sense comprometre-s'hi—, la qual cosa resulta francament inversemblant.

21. Giorgio PEDROCCO, *Le ferriere catalano-liguri nella prima metà del XIX secolo: struttura, vicende e innovazioni tecniche*, «Le Machine», I, 1 (1967), ps. 27-38. *Vid.* p. 31.

22. Antonio DI VITTORIO, *L'industria del ferro in Calabria nel '600*, «Wirtschaftskräfte und Wirtschaftswege», III (1978), ps. 47-69. *Vid.* ps. 58 i 59 i notes 139 i 140.

fins al segle XIX malgrat emprar un mètode molt poc eficient, amb una relació carbó-producte superior a 7:1. La baixíssima inversió necessària per finançar la rudimentària instal·lació d'un forn «a la corsa» i l'enorme simplicitat del procediment en permeteren la supervivència,<sup>23</sup> presumiblement amb ritmes de producció molt i molt relaxats.

En el cas català, la tècnica era també la de les trompes eòliques, que resultava especialment eficient, com a Andorra, per la disponibilitat local de minerals d'alta qualitat i/o per la importació, a través de la frontera, quan aquesta va desplaçar-se cap al sud i dividí el territori català entre els estats francès i espanyol.<sup>24</sup> Tant a la Catalunya espanyola com a l'andorrana, els tècnics i treballadors que s'ocupaven de les fargues als segles XVIII i XIX eren normalment del Rosselló o de l'Arieja.<sup>25</sup>

L'altra gran zona siderúrgica de la península Ibèrica presenta un conjunt de circumstàncies bastant peculiar. Efectivament, el País Basc fou la más important de les regions siderúrgiques de l'Europa meridional abans de la Revolució Industrial britànica i una molt destacada exportadora de metall cap a la Gran Bretanya, Portugal, la resta de la península, les colònies americanes i també, en alguna mesura, cap a altres zones del continent. Contribuïen a proporcionar condicions excepcionalment favorables al ferro basc l'excel·lent qualitat i la fàcil extracció del ferro biscaí, així com el baix cost del transport fins a les *ferrerías* i, igualment, des d'aquestes fins als ports d'exportació, Bilbao principalment.<sup>26</sup> Un darrer factor que feia del ferro basc una mercaderia extraordinàriament competitiva en el mercat internacional era el baix preu del combustible, la qual cosa ha d'atribuir-se als baixos costos salarials que produïen a la regió la tala del bosc i el carboneig de la fusta. L'any 1829 el carbó vegetal valia a les fargues del Pirineu francès més del doble que a les de Guipúscoa.<sup>27</sup>

Malgrat aquestes condicions excepcionals, la siderúrgia pre-industrial basca va conservar, fins a la desaparició, una variant peculiar, i més primitiva, del sistema directe o procediment català, que consistia a alimentar d'aire el forn mitjançant manxes o *barquines*, sense adoptar, per tant, la més destacada innovació tecnològica, fortament estalviadora de combustible, com era el sistema de trompes.<sup>28</sup> També es va mantenir la fórmula dels *barquines* als centres siderúrgics

23. P. DEBETTE, *Forges catalanes et corses*, dins *Dictionnaire des Arts et Métiers* (París 1850), p. 324.

24. Pierre VILAR, *Les élans du XVIIIe siècle*, dins Joaquim NADAL i FARRERAS i Philippe WOLFF, *Histoire de la Catalogne* (Tolosa 1982), ps. 396-397.

25. Eudald GRAELLS, *La indústria dels claus a Ripoll. Contribució a l'estudi de la farga catalana* (Barcelona 1972); J. MALUQUER DE MOTES, *La siderúrgia tradicional: la farga catalana*, «L'Avenç», 72 (juny de 1984), ps. 20-29; i *La producción de hierro en la farga catalana*, «Revista de Historia Económica», II (1984), 3, ps. 83-95.

26. Sobre la siderúrgica basca és imprescindible consultar Luis M. BILBAO i Emiliano FERNÁNDEZ DE PINEDO, *Auge y crisis de la siderometalurgia tradicional en el País Vasco (1700-1850)*, dins Pedro TEDDE (ed.), *La economía española al final del Antiguo Régimen. II. Manufacturas* (Madrid 1982), ps. 133-228. També la resta de treballs d'ambdós autors, la referència dels quals pot trobar-se a les notes a peu de pàgina d'aquest treball.

27. Arxiu Provincial de Guipúscoa, 2-21-133. «Estado de la industria del fierro en Guipuzcoa y Establecimiento de una ferrería experimental y normal» (1830).

28. En realitat, consta el coneixement al País Basc de la variant del sistema directe amb trompes hidroeòliques almenys des de la dècada de 1631-1640 (V. VÁZQUEZ DE PRADA, *Las antiguas ferrerías de Vizcaya (1450-1800)*, «Mélanges en l'honneur de Fernand Braudel»



cantàbrics situats en zones d'influència basca. L'exemple galleg resulta molt alligonador. A Galícia, en efecte, les fargues de les comarques litorals o semilitorals, que empraven mineral biscaí, eren de manxes, mentre que les de l'interior, consumidores de mineral autòcton, utilitzaven la tècnica de les trompes.<sup>29</sup>

El consum de carbó en un forn baix de trompes era molt inferior al d'un forn baix mitjançant manxes. La proporció era de 3,75:1, bé que en els millors forns baixos del Pirineu francès podia arribar-se fins a *ratios* de només 2,5:1, enfront d'aproximadament 5:1. La conservació d'una tecnologia decididament menys eficient, en una zona dinàmica amb elevats nivells de producció, com fou el País Basc, no ha trobat encara una justificació convincent.

L'explicació podria radicar en l'escassa existència de salts d'aigua de fàcil aprofitament i grans dimensions a les zones on es duia, per mar, el mineral biscaí per ésser exportat, també per mar, un cop manufacturat. Per a la utilització del sistema de trompes calia disposar de desnivells d'uns cinc metres, i això obligava a construir canals de derivació molt extensos en el cas de no disposar de salts d'aigua naturals prou grans o bé de cursos fluvials de gran pendent. Penso, així mateix, que la necessitat d'aplicar a algunes zones determinades, per motiu dels condicionaments geogràfics, una tecnologia concreta va generar mecanismes de transmissió dels coneixements i de capacitat professional que bloquejaven l'adopció de tècniques distintes, i més si es té en compte que es tractava de procediments que requerien, malgrat la senzillesa, un ensinistrament molt considerable. Tot això hauria resultat facilitat pel baix preu del carbó al País Basc i en general als països cantàbrics i la modesta taxa de creixement d'aquest al llarg de l'etapa fortament inflacionista de la segona meitat del segle XVIII.<sup>30</sup>

Per acabar, convindria assenyalar encara que en la permanència del sistema directe en la siderúrgia tradicional mediterrània hi intervingueren, al costat de factors d'oferta, també altres elements pel cantó de la demanda. L'escassa potència i la irregularitat del mercat interior —de caràcter fonamentalment agrari i dependent del curs de les collites—, o la impossibilitat d'exercir un control suficient sobre mercats exteriors molt llunyans, privilegiaren un tipus d'empresa de reduïda dimensió, amb una gran capacitat d'adaptació, com eren les fargues i *ferrierías*, que «*peuvent sans de grands inconvénients [sic] —això és, sense grans costos— cesser & recommencer leur travail*», segons que comentava un contemporani francès.

Tot fa creure doncs, com a conclusió, que en la permanència del procediment directe o procediment català dins l'àrea mediterrània no hi ha, pròpia-

[Tolosa 1973], vol. I, ps. 664-665), la qual cosa fa creure que hi havia raons perfectament sòlides per no adoptar-la.

29. Pegerto SAAVEDRA, *Un aspecto de la economía monástica: la producción de hierro. El ejemplo del monasterio de Villanueva de Oscos*, «Semana de historia del monacato cántabro-astur-leonés» (Monasterio de San Pelayo 1982), ps. 531-554. *Vid.* ps. 533-534.

30. De tota manera, segons que assenyalen Bilbao i Fernández de Pinedo (*op. cit.*, ps. 172-173), els preus de la llenya s'incrementaren allí abans que els del blat a la primera meitat del segle XVIII. Les sèries elaborades per aquests autors suggereixen, així mateix, una relativa estabilitat del preu entre el 1760 i el 1790 seguit d'un marcadíssim declivi.

ment, desconeixement de la gamma de tècniques disponible ni cap mena d'inèrcia tecnològica, sinó adaptació a les condicions materials de la producció i a la seva accessibilitat en termes de costos, així com a les característiques de feblesa i variabilitat de la demanda. Evidentment, això suposa un cert endarreriment respecte a l'Europa de l'alt forn, però no implica manca de racionalitat en el sistema econòmic, sinó, més aviat, tot el contrari.