

DEL LABORATORI A LA INDÚSTRIA: LOUIS JOSEPH PROUST A LA REIAL FONERIA DE SANT SEBASTIÀ DE LA MUGA

MARIÀ BAIG I ALEU

CENTRE D'HISTÒRIA DE LA CIÈNCIA (CEHIC), UNIVERSITAT AUTÒNOMA
DE BARCELONA.

mariano.baig@uab.cat

Resum: L'any 1787 Louis Joseph Proust, professor a l'acadèmia d'artilleria de Segòvia, visità, per ordre del rei, les fonderies de bronze de Barcelona i de ferro colat de Sant Sebastià de la Muga (Alt Empordà, Girona) per tal que es familiaritzés amb els processos de química metal·lúrgica a escala industrial. Com a resultat, escrigué una memòria sobre les bales de la Muga amb una sèrie de recomanacions per a la millora de la producció i que ens mostra la dedicació de Proust cap a una «ciència útil».

Paraules clau: metal·lúrgia, alt forn, Louis Joseph Proust, Catalunya segle XVIII

From laboratory to factory: Louis Joseph Proust at the royal foundry of Sant Sebastià de la Muga

Summary: In 1787 Louis Joseph Proust, professor from the artillery academy of Segovia, was commissioned to visit the bronze foundry of Barcelona and the cast iron foundry of Sant Sebastià de la Muga (Girona), in order to familiarize himself with the industrial applications of metallurgical chemistry. As a result, Proust published a paper about the ammunition of la Muga foundry, including some recommendations to improve the production, a fact which demonstrates Proust's interest in the application of science to the industrial processes.

Key words: metallurgy, blast furnace, Louis Joseph Proust, Catalonia in the XVIII century

1. Introducció: Louis Joseph Proust a Espanya

El químic Louis Joseph Proust (Angers (França). 1754-1826) és universalment recordat per la formulació de la Llei de les Proporcions Definides —Llei de Proust— i pel consegüent debat científic mantingut amb Claude Louis Berthollet (Fujii, 1986). Proust es dedicà a la recerca i a la docència en el període crucial de la història de la química que ara coneixem com a «revolució química», el màxim exponent de la qual fou Antoine-Laurent Lavoisier (Bertomeu & García Belmar, 2006). Recordem ara, només, que els treballs de Proust permeteren no solament diferenciar entre compostos químics i mescles o aliatges, sinó també entre compostos diferents constituïts pels mateixos elements químics. Malgrat els seus innegables mèrits, la complexa personalitat de Proust, la diversitat de temes estudiats i la circumstància d'haver treballat a cavall entre Espanya i França, han contribuït al fet que la seva figura no sigui encara avui dia suficientment ben reconeguda (Mauskopf, 1975: 171). Encara més, tot recordant que Proust rebé una formació inicial en farmàcia, Josette Fournier ens resumeix les dicotomies que apareixen en les aproximacions a Proust: «Espagnol pour les Français, Français pour les Espagnols, chimiste pour les pharmaciens, pharmacien pour les chimistes, cette multiplicité de visages et l'éclectisme de sa production scientifique ont dérouté les historiens français» (Fournier, 1999: 93).

L'any 1776 el rei Carles III donà l'empenta definitiva per a la transformació de l'antic col·legi que els jesuïtes havien tingut a la vila de Bergara (Guipúscoa) en el que s'anomenà Real Seminario Patriótico Vascongado. Els contactes que la Sociedad Vascongada de Amigos del País mantenia amb institucions científiques europees propiciaren la vinguda, com a professors, de Pierre François Chabaneau, encarregat de les ciències físiques, i de Louis Joseph Proust, per fer-se càrrec del nou laboratori de química que s'hi havia de construir. A causa de la llarga tradició industrial de la regió, aquest laboratori s'havia d'especialitzar en química metal·lúrgica, tema al qual Proust pensava dedicar la part principal de les seves lliçons (Silvan, 1953: 45). L'any 1780, però, tot coincidint amb la incoació d'un procés en contra seva per part de la Inquisició, Proust abandonà sobtadament Espanya per tornar a París (Fournier, 1999: 82).

Malgrat aquest primer intent fallit, Proust retornaria a Espanya pocs anys després en ésser escollit, gràcies a una recomanació del mateix Lavoisier, per dirigir la nova Càtedra de Química, creada l'any 1785, en el Real Colegio de Artillería de Segovia.¹ En arribar a Segòvia, Proust promouria la construcció d'un nou laboratori de química que es materialitzaria en l'anomenada Casa de la Química,² inaugurada l'any 1792, data en la qual inicià la seva docència, que no duraria, però, més de tres cursos (Gago, 1990; 1992).

1. Aquesta institució d'ensenyament militar havia estat fundada l'any 1764 per iniciativa del conde de Gazola i tenia la seva seu al mateix Alcázar de Segòvia.

2. Situada a la plaça davant l'Alcázar, l'any 1992, en ocasió de la celebració del seu segon centenari, es realitzà una exposició i s'edità un complet catàleg sota el títol «La Casa de la Química, Ciencia, Artillería, Ilustración».

Mentre esperava la finalització del laboratori, Proust realitzà diverses recerques tècniques per encàrrec del Govern espanyol. En aquest context, Proust efectuà un viatge a Catalunya en el qual visità les foneries de bronze de Barcelona i de ferro de Sant Sebastià de la Muga; aquesta darrera estava situada en el municipi de Sant Llorenç de la Muga (Alt Empordà, Girona). De retorn a Segòvia, Proust publicà l'any 1791 als *Anales del Real Laboratorio de Química de Segovia* una memòria titulada «Sobre las bombas de S. Sebastián de la Muga en Cataluña» (Proust, 1791), que estudiarem en el present article, tot situant-la en el seu context històric, especialment en referència als coneixements metal·lúrgics de l'època, ben representats pel *Tratado de Artilleria* de Tomás de Morla (Morla, 1784), obra que, com veurem, pren com a model per a la descripció d'un alt forn, precisament, el de la reial foneria de Sant Sebastià de la Muga.

2. El viatge de Louis Joseph Proust a Catalunya el 1787

Un dels objectius bàsics de les classes —i del nou laboratori— de Proust a Segòvia era el de millorar la formació dels futurs oficials sobre qüestions de química metal·lúrgica, motivat, aquest cop, per les seves aplicacions a l'artilleria, i en particular a la fabricació de canons i munició. Així, l'any 1792, en el discurs inaugural de la seva Càtedra, Proust exposava als nous alumnes que «la verdadera purificación de los metales, el modo de aligarlos, y sus proporciones respectivas, aunque operaciones practicadas diariamente por una rutina de muchos siglos, son aún en el día, otros tantos problemas que quedan por resolver en nuestras fundiciones» (Herrero, 1992: 127).

Mauskopf, en el seu estudi entorn dels treballs de Proust sobre la pólvora, remarca la importància de la vessant pràctica o aplicada dels seus treballs:

Although Proust is best known for his work in analytical chemistry, he carried out research and taught on a wide range of chemical topics, many of them practical. Indeed, it was primarily through his practical chemistry that Proust was enabled to spend his mature and most creative years in Spain in the employ of the Spanish government. Of central importance were his activities as researcher, consultant, and teacher concerning munitions, carried on when he was professor of chemistry at the Royal Artillery School in Segovia (1785-98). Proust certainly did not regard his practical chemistry as any less important than his «pure» chemical analysis. (Mauskopf, 1990)

Així, Mauskopf considera els treballs pràctics de Proust com a paradigma del «coneixement útil» —tan valorat pels reformistes il·lustrats del segle XVIII— però constata, també, com malgrat el seu gran mèrit científic la major part d'aquests treballs tenien una «limitada» aplicabilitat a la indústria.

Amb data de 12 juny 1787, el comte de Lacy, director del Real Colegio de Artillería de Segovia, plantejà al monarca la conveniència d'enviar Proust a Catalunya, concretament a

les fonderies de bronze de Barcelona i de ferro de Sant Sebastià de la Muga. La correspondència s'ha conservat a l'arxiu de l'antiga Secretaría de Estado y del Despacho de Guerra.³ Les motivacions d'aquest viatge eren dues: en primer lloc, per tal d'evitar que Proust estigués «ociós» a l'espera de tenir acabat el laboratori de Segòvia; i, en segon lloc, perquè es familiaritzés amb les operacions metal·lúrgiques a escala industrial:

El Conde de Lacy - Expone: Que como el edificio que se está construyendo para el laboratorio de Chimica y Metalurgia tardará lo menos año y medio por la corta dotación señalada para su obra, le parece que el Profesor de esta Arte Don Luis Proust, que disfruta el sueldo anual de 24 (mil) reales, podría en este tiempo que ha de estar ocioso, pasar a la fundición de Artillería de Bronce de Barcelona a examinar aquellas operaciones que se practican en grande para afianzar con más perfección sus ideas en las operaciones pequeñas de Chimica y Metalurgia en la parte de Fundiciones.

Con igual objeto de ver operar en grande le parece podría después pasar a la Fábrica de Municiones de Hierro de San Sebastián de la Muga. Considera que como de este costo fino resultarán útiles ventajas para los progresos de la expresada escuela de Chimica y Metalurgia, espera merezca esta providencia la Real Aprobación. Como también que se conceda a Don Luis una precisa Ayuda de Costa para hacer el viaje.

Fecho en Palacio a 12 de Julio de 1787

Una nota marginal ens dóna la resposta del monarca: «Como se pide sin ayuda de Costa», és a dir, que hi anés, però sense cobrir-li les despeses de viatge.

En una segona carta, amb data de 18 de juliol del mateix any, el comte de Lacy exposava a Pedro López de Lerena, ministre de la Guerra, el pla de treball preparat per al viatge de Proust. En transcrivim un fragment:

Después convendría que seguidamente se transfiera a las Fábricas de Munición de hierro de San Sebastián de la Muga, en aquel Principado, para que haga escrutinio de las fusiones con que se extrae el hierro de sus menas, reconozca las diferentes especies de éstas, los fundentes que se emplean para ello, y el modo de fundir las municiones, como las demás operaciones que se practican en aquel interesante establecimiento, de que podrá sacar todos los conocimientos precisos e importantes, que unidos a las nociones que le han proporcionado su teórica y la práctica que en pequeño había podido ejecutar en esas materias, coordine y disponga con mayor solidez las lecciones que sobre ellas debe dictar en Segovia para instrucción de los Individuos de Artillería y demás que concurran a oírlas.

3. Archivo General de Simancas (AGS), Secretaría de Guerra, Leg. 5.695.

La reial foneria de Sant Sebastià de la Muga era un establiment dedicat a la producció de munició d'artilleria de ferro colat, situat en el terme municipal de Sant Llorenç de la Muga, comarca de l'Alt Empordà (Girona). Dissenyada sota la direcció de l'enginyer suís Jean Maritz s'inicià la seva construcció l'any 1768 i estigué en plena producció entre els anys 1770 i 1794, quan arran la Guerra Gran fou derruïda per l'exèrcit republicà francès. La foneria de la Muga estava constituïda per un alt forn, alimentat amb carbó vegetal, i produïa ferro colat que era emmotllat per fabricar bales de canó (boles massisses) o granades de morter (boles buides amb càrrega explosiva al seu interior). L'alt forn emprava mena de ferro de les muntanyes properes; carbó vegetal fabricat a partir dels boscos de la contrada, i obtenia del riu Muga, mitjançant un complex dispositiu hidràulic, la força motriu necessària per moure les grans manxes d'aire que li permetien arribar a la temperatura de fusió del ferro (Baig, 2003; 2007; 2008).

Una tercera carta del comte de Lacy, amb data del 28 de gener del 1788, ens informa que Proust ja havia acomplert la seva missió a Catalunya. En transcrivim, també, un fragment:

Hace presente que con arreglo a la Rl. Orden de V.M. de 15 de Junio último pasó D. Luis Proust Profesor de Chimica y Metalurgia a la fundición de Artillería de bronce de Barcelona y Fábricas de municiones de yerro de la Muga, con el fin de hacer aplicaciones y demostraciones en el curso que debe enseñar en Segovia.

La carta del comte de Lacy explica, també, que havia passat a mans de D. Antonio Valdés, ministre de Marina, còpies d'unes reflexions de Proust sobre els coures d'Amèrica i sobre l'estany de Mèxic.

3. La foneria de la Muga i el tractat d'artilleria de Tomás Morla

Quan a principis de l'any 1786 Proust arribà a Segòvia, coincidí —encara que per poc temps— amb el militar, i també professor de l'acadèmia, Tomás de Morla Pacheco (Jérez de la Frontera, 1747 - Sevilla, 1812). Morla estava treballant llavors en la confecció de les làmines que havien d'il·lustrar els tres primers volums, just acabats d'editar, del seu *Tratado de Artillería* (Morla, 1784). L'any 1787, però, Morla, juntament amb Jorge Guillelmi Andrada, foren comissionats per viatjar per Europa, per tal d'inspeccionar les més importants indústries militars.

Morla retornà del llarg viatge que el portà per París, Londres i Viena l'any 1791 i fou destinat a la foneria de canons de Barcelona. L'any 1793, ascendit a mariscal de camp, s'integrà en el cos de l'exèrcit del Rosselló del general Ricardos i participà a les campanyes de la Guerra Gran, que, recordem, comportaren la destrucció de la foneria de la Muga. Morla passaria després a Madrid on, sota el patrocini de Manuel Godoy, publicaria el quart volum —les làmines— del seu *Tratado* (Láminas, 1803) i que seria completat, ja pòstumament, i amb motiu de la segona edició de la seva obra,⁴ per un cinquè volum (Colección, 1816) amb de-

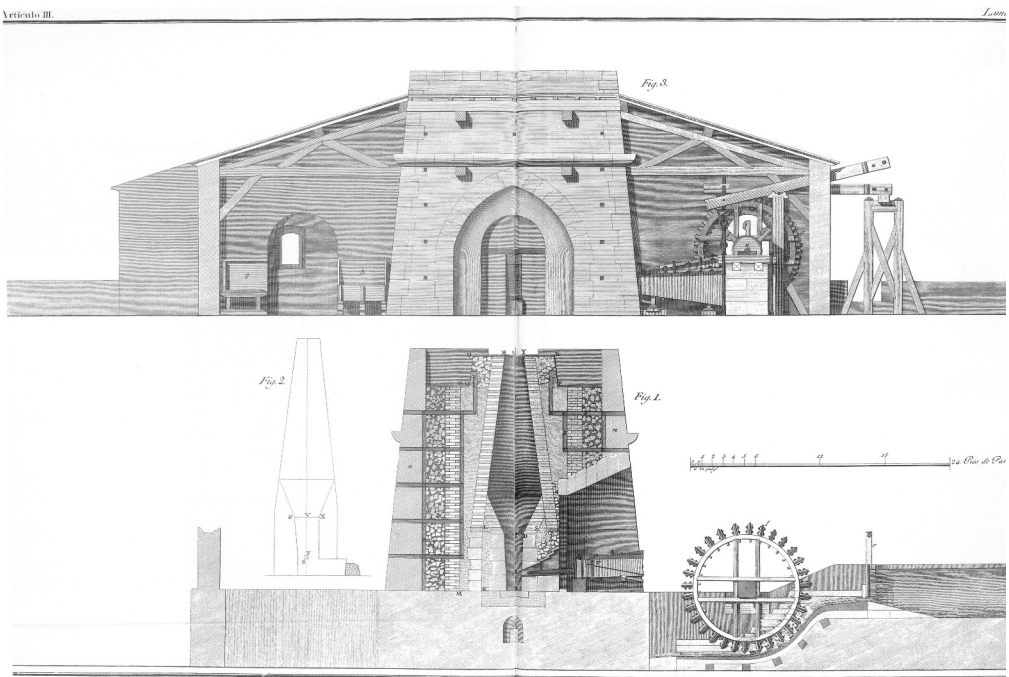


Figura 1. Vista i perfil de l'alt forn de Sant Sebastià de la Muga. Làmina 2 de l'article III del *Tratado de Artillería* de Tomás de Morla (Láminas, 1803).

tallades descripcions de les làmines. El final de la carrera militar de Tomás de Morla està marcat, però, per haver estat el militar espanyol que el 4 de desembre del 1808 capitulà Madrid a Napoleó. Acusat d'afrancesat, morí quatre anys després i, fins i tot, la seva obra principal, el *Tratado*, generà motiu de controvèrsia sobre la seva autoria. La seva figura i obra, però, s'han recuperat recentment (Herrero, 1992), inclosa la reedició en facsímil de la col·lecció de làmines del seu *Tratado* (Herrero, 1993).

El *Tratado de Artillería* de Morla és una obra ambiciosa, ja que no es limita a qüestions d'organització o tàctica militars, sinó que inclou temes més pròpiament d'enginyeria o d'indústries militars. Herrero opina sobre Morla que:

Los contenidos y la lectura del 'Tratado de Artillería' revelan a su autor como un auténtico investigador de la ciencia artillera. Sus postulados no son elucubraciones

4. La segona edició del *Tratado* de Morla, publicada l'any 1816, inclou diverses addicions i actualitzacions, en particular algunes referències a treballs de Proust de l'època de Segòvia. No s'hi esmenta, però, el treball sobre les bombes de la Muga que estudiem en aquest article.

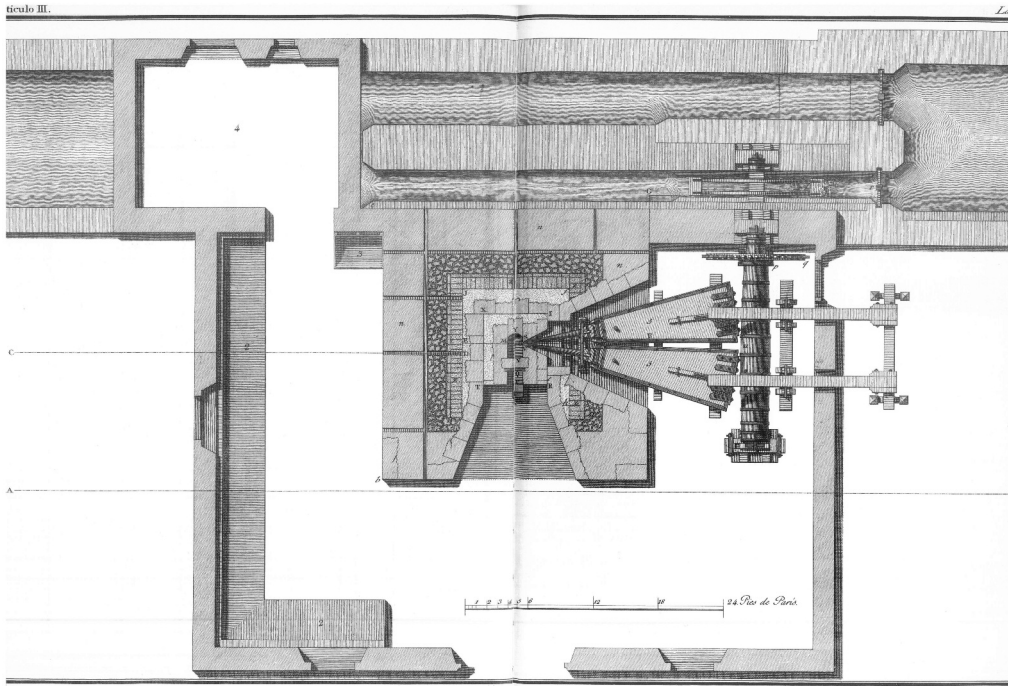


Figura 2. Detall del forn de la reial foneria de Sant Sebastià de la Muga. Làmina 1 de l'article III del *Tratado de Artillería* de Tomás de Morla (Láminas, 1803).

teóricas elaboradas tras muchos años de intenso estudio, ni ideas personales extraídas de la práctica asidua con el material de artillería. Morla “investiga”, lee todo lo referente a la artillería del XVIII tanto de autores españoles como europeos, domina la bibliografía artillera y hace uso de ella para redactar una obra lo más completa posible (Herrero, 1992: 124).

De totes maneres, Seymour Mauskopf, tot i reconeixent la formació científica de Morla, constata que encara manté certes reserves davant l'aplicació dels nous progressos científics a la producció industrial:

Morla was hardly ignorant of science; indeed, in his excellent 'Arte de Fabricar Pólvora' of 1800, he relied heavily on the 1796 edition of Chaptal's 'Eléments de Chimie' for his account of gunpowder production. But of the practical applications of physics and chemistry to this process, Morla displayed the reservations of the craftsman all too aware of the complexity of materials and conditions to trust scientific generalization (Mauskopf, 1990).

Morla dedica el tercer capítol, titulat «Del Hierro, y de la fundición y fábrica de las piezas y municiones compuestas de él», a la descripció del complex procés de la fosa del mineral de ferro per a l'obtenció de *ferro colat*, i la seva transformació en *ferro dolç (afinat)* o en *acer* (a part de la producció del ferro que anomena *batut*, obtingut per reciclatge de restes d'altres foses): «Se puede mirar el hierro baxo de quatro diferentes puntos de vista: como colado y sin purificar; como régulo, es decir, como afinado y separado de la mayor parte de las sustancias heterogéneas; como batido o forjado; en fin, como acero» (Morla, 1784: vol. I, 297).

En la primera part del capítol, titulada «De las minas de hierro, su preparación, fusión, y conocimiento del hierro colado», Morla fa una completa descripció —mides incloses— d'un alt forn i dels seus processos operatius, però adverteix que: «Para poder tener los principios suficientes sobre estas materias, es indispensable estudiar las Obras de los Señores Conde de Buffon,⁵ Grignon,⁶ Reamour⁷ y Bouchu⁸» (Morla, 1784: vol. I, 322). Acaba detallant cinc tipus diferents de fosa que es poden obtenir en un alt forn, que resumim a la Taula 1, i conclou que la fosa més adequada per a la confecció de munició d'artilleria és la gris-cendra:

Taula 1. Diferents tipus de fosa, segons Morla, 1784.

Tipus/Color	Subtipus	Característiques	Utilitat
Fosa BLANCA	Primer	Forma bombolles	Inservible
	Segon	Bull interiorment	Fràgil
	Tercer	Espurneja	Fràgil
Fosa GRISA	Gris cendra	Molt líquida	Fàcil d'emmotllar
	Gris fosc (negra)	Molt espessa	Difícil d'emmotllar

La fundición gris se obtiene por una justa proporción del mineral, fundentes, correctivos y calor, de donde resulta la separación de las materias heterogéneas que se vitrifican, y una fusión exacta de las partes metálicas. Esta fundición es la que produce el mejor hierro, que se podrá obtener de la peor mina, si se procura que su fundición sea gris. (Morla, 1784: vol. I, 326)

En la segona part del capítol, «De las fundiciones de hierro colado para piezas de Artillería y Municiones», Morla explica els processos tant de fabricació de canons de ferro

5. Georges-Louis Leclerc, comte de Buffon (1707-1788). Vegeu Buffon, 1775.

6. Pierre-Clément Grignon (1723-1784). Vegeu Grignon, 1775.

7. René Antoine Ferchault, seigneur de Réaumur (1683-1757). Vegeu Réaumur, 1722.

8. Bouchu, Étienne Jean (1714-1773). Vegeu Bouchu & Courtivron, 1761.

colat (encara molt poc emprats en aquells anys) com de fabricació de municions (cas de la foneria de la Muga). Aquí Morla detalla el mètode que s'aplicava per millorar la seva qualitat:

Para que las balas sean más compactas, tersas, e iguales las de un mismo calibre, después de fundidas y limpias, se introducen en un horno de reverbero, cuya caldera o crisol esté algo inclinado, y se enrojecen en él, hasta que adquieran el color de cereza; entonces se extraen y baten en un martinete proporcionado, cuya maza es cóncava, y también el ayunque. Con este método se reúne el hierro, viene a quedar quasi forjado por la superficie, y las balas de un diámetro igual a muy corta diferencia, tersas, pesadas y resistentes a la herrumbre. (Morla, 1784: vol. I, 345)

Malgrat que, tal com hem comentat, Morla citi molts autors francesos, la redacció del capítol suggereix un contacte directe de l'autor amb els procediments de fosa. En el text no s'hi esmenta el nom de cap foneria en concret, però, en canvi, les tres primeres làmines⁹ que corresponen a aquest capítol es titulen, precisament, «Plano del horno de municiones de S. Sebastián de la Muga», «Perfiles y vista de dicho horno» i «Plano, perfil y vista de un fuelle de madera para el mismo horno» (Láminas, 1803). Les referències a la reial foneria de Sant Sebastià de la Muga en les explicacions del procés de fosa de ferro colat que apareixen en el *Tratado* de Morla semblen, per tant, ben fonamentades.

4. L'estudi de Louis Joseph Proust sobre les bales de la foneria de la Muga

En el moment de la seva visita a la reial foneria de Sant Sebastià de la Muga, en el segon semestre del 1787, aquesta portava ja disset anys plenament operativa i, per tant, podem suposar que els procediments de fosa hi estaven ben establerts. De totes maneres, hi restaven encara pendents de resoldre certs problemes, que no li van passar desapercebuts, i que motivaren la redacció de la seva comunicació als *Anales del Real Laboratorio de Química de Segovia* (Proust, 1791). El problema que interessà Proust era el de la formació de clivelles i cavitats en la massa fosa, amb el consegüent perill que els productes emmotllats es poguessin trencar. En primer lloc Proust observa que:

Quando la fundición es negra, mientras se cuele, se exhala un vapor, que se condensa prontamente en escamas de color de hierro. Estas escamas, o este espejuelo, que al presente conocen los fundidores con el nombre de limaduras, se queda pegado a las cucharas, con que se saca la fundición. El carbón y las escorias están cubiertas de ellas con mucha abundancia, y el ayre de los talleres lo está también: tal es la fundición con que se moldean las balas y bombas de la fábrica de la Muga: estas escamas son carbón unido con un poco de hierro, o en otros términos plombagina.

9. Recordem que quan aquestes làmines foren publicades, l'any 1803, la foneria de la Muga estava ja derruïda.

Proust identifica correctament la presència de grafit (plumbagina) que interpreta, però, com a una «unió» de carbó i ferro. Per assegurar-se'n, féu trencar algunes bales de canó a la mateixa foneria:

Yo he visto en la fundición de la Muga un gran número de piezas rotas; en todas se encuentran cavidades llenas de esta plumbagina; las más pequeñas balas, aun las de ocho onzas, a pesar de la prontitud con que se enfrían, no se encuentran sin ellas: de 7 a 8 balas que yo hice romper, no se encontró alguna que estuviese exenta. De lo que se puede juzgar, si estas cavidades serán raras en las bombas, y en las balas, que tardan mucho más en enfriarse. El maestro fundidor, a quien yo hice mis objeciones, convino conmigo, en que una fundición que fuese menos negra que la suya, sería mucho más fluida, y menos expuesta a estas esponjaduras.

Proust intenta, també, donar una explicació teòrica a la presència del grafit i, encara que sigui d'una forma poc clara, sembla intuir el paper de la velocitat de refredament de la fosa en la seva aparició:¹⁰

Quanto más carbonosa es la fundición, más se multiplican las cavidades en las piezas, porque entonces, siendo mayor la porción de plumbagina, la fuerza que atrae unas hacia otras las partes homogéneas de un fluido, que se hallan dispersas en otro, teniendo menos lugar en que obrar, da tiempo a que se hagan más agregaciones, o más considerables.

Proust cita explícitament algunes dades sobre les densitats dels diferents tipus de fosa obtingudes pel químic suec Bergman¹¹ tot comentant la importància de les obres dels «químic suecs i francesos» que han reconegut el paper de la concentració del carbó en la tipologia de la fosa resultant:

Los Metalurgistas fundidores sabían bien, que el mayor o menor gasto de carbón originaba las diferentes calidades de fundiciones, que se pueden obtener de unos mismos minerales de hierro; pero ignoraban qué parte toma el carbón en estas variaciones. Los Químicos Suecos y Franceses han aclarado este punto: han reconocido que el carbón se une materialmente al hierro; y que de la diferente cantidad que se une con él, provienen los colores grises, negros, y los matices, intermedios que se notan en las fundiciones de hierro.

Proust també proposa una solució, encara que molt simplista: «El remedio es fácil; no es necesario más que aumentar la mina, o disminuir el carbón». Aquesta mateixa opció ja s'ha

10. Per una recent aproximació històrica al procés de fosa en aquesta època vegeu (Le Coze, 2008a; 2008b).

11. Torbern Bergman (1735-1784). Vegeu Bergman, 1783.

via intentat —sense gaire èxit— anys enrere, quan va haver-hi llargues discussions sobre la qualitat dels carbons i de la mena de ferro, atès que el tipus de fosa que s'obtenia —molt espessa— resultava molt cara en comparació amb la d'altres establiments, com la foneria d'Eugui, a Navarra. D'altra banda, ell mateix reconeix que amb una fosa més blanca les bombes serien possiblement massa fràgils, encara que insisteix en què: «las bombas, balas y granadas Inglesas, a lo menos los cascos que de Mahon se han llevado a la Muga, por lo general son de fundición blanca». Proust acaba recomanant que els oficials prenguin notes sobre el comportament de les bombes en campanya:

Yo ignoro absolutamente si han sido frecuentes los accidentes de las bombas por estos motivos, y aun si son capaces de tenerlos, por lo que no es de ningún modo mi intención hacer sospecha de la seguridad de las bombas. Pero que luces no se adquirirían tanto sobre este objeto, como sobre todas las prácticas de artillería, si al fin de una campaña cada oficial estuviese encargado de hacer un Diario de las observaciones que debería haber hecho sobre la materia que se le encargase?

La caracterització de les diferents tipologies de foses obtingudes pel procés de reducció dels òxids de ferro mitjançant la combinació amb carbó (vegetal o de coc) no es completaria fins a finals del segle XIX, quan s'establiria el complex diagrama de fases temperatura *versus* concentració de carboni. És de destacar, de totes maneres, que malgrat que Proust no tingués a l'abast els mitjans per avançar més en l'estudi de la foneria del ferro, el seu treball sobre les bales de la Muga conté tots els elements que són característics de la seva manera d'abordar un problema, i que Fournier ha resumit, molt encertadament, tot dient:

Ses communications comportent toujours des résultats quantitatifs, accompagnés d'une interprétation dans un cadre théorique; Proust n'oublie jamais de proposer des développements de ces recherches, industriels, artisanaux et domestiques, en examinant leur adaptation pour une production en grand et les aspects économiques (Fournier, 1999: 78).

5. Reflexions finals

La reial foneria de Sant Sebastià de la Muga (1768-1794) fou una instal·lació industrial de tecnologia puntera: el primer alt forn de Catalunya. L'any 1787, quan estava en ple rendiment, rebé, per ordre del monarca, la visita del químic Louis Joseph Proust, per tal que es familiaritzés amb la producció de ferro a gran escala i pogués aplicar-ho a les classes que havia de donar a l'acadèmia d'artilleria de Segòvia. Proust, però, no es limità a fer una simple «visita» a la foneria, sinó que s'interessà per resoldre un problema «tècnic» que hi observà, el de la formació de clivelles i cavitats en les bales de canó, que interpretà, encertadament, com a acumulacions de grafit. D'acord amb els coneixements de l'època, relacionà l'aparició del

grafit amb la concentració de carbó en l'alt forn i proposà una solució prou simple: emprar menys carbó; una solució que, malauradament, ja s'havia assajat —sense gaire èxit— en els primers anys de funcionament de la foneria.

Hem de recordar, d'altra banda, que la visita de Proust a la foneria de la Muga es realitzà en els mateixos anys en què gestava la seva llei de les proporcions definides. Proust era ben conscient de les diferències entre aliatges (per exemple el bronze, «mescla» en proporcions variables de coure i estany) i veritables compostos químics (com els carbonats de coure). En el cas de la fosa de ferro, Proust ens parla de la «unió» del carbó i el ferro. Ens podem preguntar, doncs, fins a quin punt era conscient del concepte de *dissolució* de carboni en el ferro, concepte que esdevindria clau per comprendre els productes siderúrgics.

Finalment, podem considerar la visita de Proust a la foneria de la Muga com un bon exemple de les interrelacions entre teoria i pràctica; entre el laboratori i la indústria; entre la ciència i la política; i ens pot ajudar a contextualitzar l'activitat científica dins la història més social.

Bibliografia

- BAIG I ALEU, M. (2003), «La Reial Foneria de San Sebastià de la Muga, 1768-1794». *Actes de la VII Trobada d'Història de la Ciència i de la Tècnica*, Barcelona, Societat Catalana d'Història de la Ciència, 181-187.
- BAIG I ALEU, M. (2007), «L'impacte de la reial foneria de Sant Sebastià de la Muga sobre els boscos empordanesos a finals del segle XVIII». *Actes del Congrès: El paisatge, element vertebrador de la identitat empordanesa*, Figueres, Institut d'Estudis Empordanesos, vol. II, 383-396.
- BAIG I ALEU, M. (2008), «Estudi de l'Alt Forn de la Reial Foneria de Sant Sebastià de la Muga i la seva producció (segle XVIII)», *Actes d'Història de la Ciència i de la Tècnica, Nova època*, vol. 1, 161-168.
- BERGMAN, T. (1783), *Analyse du fer. Traduite en français avec des notes et un appendice, et suivie de quatre mémoires sur la métallurgie, par M. Grignon*, Paris, Méquignon.
- BERTOMEU SÁNCHEZ, J. R.; GARCÍA BELMAR, A. (2006), *La Revolución química: entre la historia y la memoria*, València, Universitat de València.
- BOUCHU, E.-J.; COURTIVRON, G. (1761), «Art des forges et fourneaux à fer». A: BERTRAND, J.-E., (ed.), *Descriptions des arts et métiers*, Paris, Académie des Sciences, tome II, 1-644.
- BUFFON, G.-L. L.(1775), «Observations sur la fusion des mines de fer». A: *Histoire naturelle générale et particulière, servant de suite à la théorie de la terre parties expérimentales et hypothétiques*, Paris, Imp. Royale, supplément, tome II, neuvième mémoire.
- COLECCIÓN de las explicaciones de las Láminas del Tratado de Artillería para el uso de la academia de Caballeros cadetes del expresado Real Cuerpo (1816) [Volum complementari del (Láminas, 1803)].
- FOURNIER, J. (1999), «Louis-Joseph Proust (1754-1826) était-il pharmacien?», *Revue d'Histoire de la Pharmacie*, **321**, 77-96.
- FUJII, K. (1986), «The Berthollet-Proust controversy and Dalton's chemical atomic theory», *British Journal of History of Science*, **19**, 177-200.
- GAGO BOHORQUEZ, R. (1990), «Luis Proust y la Cátedra de Química de la Academia de Artillería de Segovia», capítol introductor i a la reedició en facsimil dels *Anales del Real Laboratorio de Química de Segovia*, Segovia, Academia de Artillería.
- GAGO BOHORQUEZ, R. (1992), «Louis Proust y el laboratorio del Real Colegio de Artillería de Segovia». A: *La casa de la Química, ciencia, artillería e ilustración*, catàleg de la exposició celebrada en Segovia en commemoració del Bicentenari de la Casa de la Química, Madrid, Ministerio de Defensa, Secretaría General Técnica, 73-84.
- GRIGNON, P.-C. (1775), *Mémoires de physique sur l'art de fabriquer le fer, d'en fondre & forger des canons d'artillerie*, Paris, Chez Delalain.
- HERRERO FERNÁNDEZ-QUESADA, M. D. (1992), *Ciencia y milicia en el siglo XVIII. Tomás de Morla, artillero ilustrado*, Segovia, Patronato del Alcázar.
- HERRERO FERNÁNDEZ-QUESADA, M. D. (1993), «El libro de láminas del Tratado de Artillería de Tomás de Morla. Introducción y estudio», capítol introductor i a la reedició en facsimil de (Láminas, 1803), Segovia, Patronato del Alcázar, ix-xl.
- LÁMINAS pertenecientes al tratado de artillería que se enseña en el Real Colegio Militar de Segovia, escrito por el Exmo. Sr. D. Tomás de Morla, del Consejo de Estado, Teniente General de los Reales Ejercitos, Madrid, Imprenta Real (1803) [Vegeu Morla, 1784].
- LE COZE, J. (2008a), «Histoires de fontes. Entre le phlogistique et la plombagine: où situer la "fonte à l'oxygène"?», *Comptes Rendus Chimie*, **11**, 772-787.
- LE COZE, J. (2008b), «Histoires de fontes. Les descriptions du XVIII^e siècle», *Comptes Rendus Chimie*, **11**, 1.289-1.300.
- MAUSKOPF, S. H. (1975), «Proust, Joseph Louis». A: GUILLESPIE C. C. (ed.), *Dictionary of scientific biography*, New York, Charles Scribner's Sons, vol. **11**, 166-172.
- MAUSKOPF, S. H. (1990), «Chemistry and Cannon: J.-L. Proust and Gunpowder Analysis», *Technology and Culture*, **31**, 398-426.

MORLA, T. de (1784), *Tratado de Artillería para el uso de la Academia de Caballeros Cadetes del Real Cuerpo de Artillería, Dividido en Cuatro Tomos, que tratan de las principales funciones de los Oficiales de este Cuerpo en Paz y en Guerra*, Segovia, Antonio Espinosa [primera edició: vol. I (1784), vol. II (1785), vol. III (1786); el quart volum correspon a (Láminas, 1803) i hi ha també un cinquè volum (Colección, 1816), editat conjuntament amb la segona edició dels tres primers volums].

PROUST, L. J. (1791), «Sobre las bombas de S. Sebastián de la Muga en Cataluña», *Anales del Real Laboratorio de Química de Segovia*, tomo I, 51-59.

RÉAUMUR, M. (1722), *L'Art de convertir le fer forgé en acier et l'art d'adoucir le fer fondu*, Paris, M. Brunet.

SILVAN, L. (1953), *Los estudios científicos en Vergara a fines del siglo XVIII*, San Sebastián, Biblioteca Vascongada de Amigos del País. [Edició facsímil publicada a: *Colección Ilustración Vasca* (1992), Donostia-San Sebastián, Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País, tomo V, 17-133.]

SILVAN, L. (1964), *El químico Luis José Proust 1754-1826*, Vitoria, Gráficas ESET. [Edició facsímil publicada a: *Colección Ilustración Vasca* (1992), Donostia-San Sebastián, Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País, tomo V, 136-303.]