

LA MINERÍA DEL HIERRO EN EL PAÍS VASCO DURANTE EL ANTIGUO RÉGIMEN

Al igual que en otros sectores, en la minería europea preindustrial han coexistido técnicas, métodos de trabajo y de organización de muy diversa naturaleza. Históricamente, los procedimientos de explotación minera han dependido y tratado de adaptarse a la disposición geológica de cada yacimiento, el tipo de mineral, la coyuntura, la disponibilidad de mano de obra, capital, conocimientos, etc. Lo cual hace francamente difícil trazar las líneas de evolución y cambio técnico del sector. Sabemos, no obstante, que a partir de mediados del siglo XV, después de un largo período de estancamiento tecnológico y retroceso en la producción, se inició en Europa una nueva fase de expansión de la actividad extractiva. En su distribución geográfica, el progreso minero del Renacimiento estuvo ubicado en su fase inicial en las regiones centroeuropeas, se limitó a los metales preciosos y fue protagonizado por técnicos, mano de obra, capitales y empresarios de predominio alemán. A partir de dicho núcleo, como resultado de movimientos migratorios más o menos continuados, la actividad minera y las nuevas técnicas se extendieron a las zonas limítrofes y más tarde a otras naciones europeas¹. La expansión colonial en el continente americano a partir del siglo XVI permitió que el proceso acabara afectando a la minería indiana de la plata.

En gran medida, el cambio técnico operado en el sector durante el Renacimiento apenas introdujo innovaciones básicas y fue más bien el resultado de la expansión y mejora de sistemas ya experimentados con anterioridad². Sin embargo, desde una perspectiva general, la minería fue la primera actividad industrial que consiguió avances cualitativos importantes anteriores a la industrialización y, a nivel técnico, los sistemas implantados en el siglo XVI no se verán sustancialmente alterados hasta la aplicación del vapor y el inicio de la revolución industrial. Los progresos no sólo afectaron a los aspectos estrictamente materiales y mecánicos. La minería del Renacimiento también avanzó en el terreno de la legislación, la organización del trabajo y la gestión de la empresa. De hecho, el cambio en la técnica difícilmente hubiera tenido lugar sin alterar de manera sustancial las bases organizativas del sector³.

Como es habitual en sociedades tradicionales, la transferencia y difusión de las nuevas técnicas y métodos de trabajo tuvo lugar mediante el desplazamiento previo de técnicos cualificados o colectivos especialmente capacitados⁴. Los movimientos de mano de obra adiestrada en la minería centroeuropea, motivados por conflictos internos o estimulados desde el exterior, fueron el vehículo mediante el cual técnicas, vocabulario, costumbres, etc, pudieron extenderse con relativa facilidad⁵. En este caso, sin embargo, la desaparición de «la barrera que había existido durante la Edad Media entre la labor del artesano industrial y la del pensador especulativo»⁶ pudo ser un elemento novedoso en la difusión de las prácticas mineras germanas. Aunque lo cierto es que todavía existía un claro predominio del conocimiento empírico, incluso entre los autores con mayor formación académica (Calvus o Agricola)⁷, a partir del Renacimiento las condiciones de difusión del saber científico y técnico empezaron a variar. La imprenta, a pesar de sus evidentes limitaciones, permitió que la información pudiera circular de forma más extensa y rápida⁸. Los numerosos tratados de minería y metalurgia editados a partir de 1450 (Biringucio, Agricola, L. Ercker, Alonso Barba, etc) fueron un importante vehículo para la difusión de los conocimientos técnicos más avanzados a través de toda Europa. Se trataba de textos eminentemente prácticos, que consiguieron que el cuerpo de conocimientos técnicos fuera más fácilmente comunicable y por lo tanto acumulativo⁹. De hecho, aunque con frecuencia se ha afirmado lo contrario, estudios recientes mantienen una visión mucho más positiva sobre las conexiones existentes entre el

1. J. Majer (1968)

2. R. Hall (1981), p. 120.

3. D. Molenda (1986).

4. C.M. Cipolla, (1972); W.C. Scoville, (1951).

5. Según los estudios realizados por B. Gille (1969), pp. 283-284, la presencia de mineros alemanes desplazados a otras regiones, principalmente de la Europa Central, está documentada cuando menos a partir del siglo XII. Con posterioridad, las migraciones de obreros especializados fue particularmente importante cuando la llegada de los metales americanos comprometió la rentabilidad de los yacimientos explotados en Centro Europa y obligó a técnicos y mano de obra cualificada de origen alemán a desplazarse a nuevas zonas (A. Pacey, 1980, pp. 146-147).

6. J.U. Nef, (1967), p. 582.

7. P.O. Long, (1991), p. 323.

8. H. Kellenbenz, (1979), p. 143.

9. J. Mokyr, (1990), pp. 64-65.

⁵⁰ mundo de la producción y del conocimiento «académico»¹⁰.

Por supuesto, la cambiante coyuntura histórica y las fluctuaciones del mercado también han condicionado los ritmos y la geografía del cambio técnico. A partir de mediados del siglo XVI, las guerras, los conflictos religiosos, el agotamiento de los filones más ricos y, sobre todo, la llegada masiva de plata americana, obtenida con unos costes sensiblemente inferiores a los existentes en el viejo continente, provocó la crisis de la minería en Centro Europa, el desvío de capitales hacia inversiones alternativas y el desplazamiento de trabajadores hacia otras zonas¹¹. Simultáneamente, en un complejo proceso que escapa al ámbito restringido del sector minero, a partir de la segunda mitad del siglo XVI, el eje del desarrollo económico europeo tiende a situarse en el ámbito Atlántico, y la hegemonía industrial de la Europa noroccidental acabará por imponerse. En este nuevo contexto, se produjo un progresivo desplazamiento de la producción industrial y minera hacia el noroeste de Europa y de los metales preciosos hacia los llamados metales útiles, entre ellos el hierro¹².

Ciertamente, el conocimiento a nivel descriptivo de los progresos técnicos habidos en la minería europea de los siglos XVI y XVII y de los mecanismos que hicieron posible su difusión espacial, contrasta con la precaria información acerca del grado de implantación que alcanzaron. La presencia de mano de obra cualificada de origen germano en los principales yacimientos de la Europa Occidental no significa necesariamente que las modernas y siempre costosas técnicas desarrolladas en la minería de Centro Europa se implantaran de manera general en el conjunto del Continente. Desconocemos cuál era el margen de producción conseguido mediante métodos y explotaciones tradicionales y aquél procedente de minas trabajadas de acuerdo con los sistemas más avanzados¹³. Conviene, sin embargo, tener en

cuenta que las técnicas más avanzadas no eran necesariamente las más rentables en términos económicos y, con frecuencia, «las soluciones más simples fueron quizá las más efectivas»¹⁴. Sólo bajo condiciones muy precisas, el esfuerzo de inversión exigido para la modernización de las explotaciones podía alcanzar una remuneración suficiente. Así, la minería tradicional, mucho más cercana a los sistemas heredados de la Edad Media, se mantuvo y, en algunos casos, fue dominante hasta el inicio del siglo XIX¹⁵.

En relación a la minería española, carecemos todavía de una visión de conjunto y faltan estudios regionales básicos. Con exclusión del hierro, la minería en la Corona de Castilla durante el Antiguo Régimen ha sido estudiada por J. Sánchez Gómez¹⁶. De acuerdo con la minuciosa información proporcionada por el citado autor, sabemos que fue a través de Guadalcanal como se introdujeron en España las nuevas técnicas desarrolladas en la Europa del Renacimiento. Desde mediados del siglo XVI, la Corona promovió la contratación de expertos extranjeros (alemanes y flamencos) y españoles (sobre todo retornados de Indias)¹⁷. La minería en Guadalcanal no sólo sirvió para la recepción de la tecnología alemana en España. El desarrollo de la minería indiana también se vio favorecido por la transferencia de técnicos que se habían formado previamente en la citada explotación. Asimismo, a partir de un determinado momento, el movimiento se invierte y pueden constatarse flujos tecnológicos en ambas direcciones¹⁸.

Sin embargo, al igual que ocurre en otras zonas de Europa, las técnicas empleadas para la explotación de yacimientos de plata no son representativas de los métodos que dominaban en el conjunto del sector extractivo y, en particular, las aplicadas en la minería del

10. «the gap between the scholar and the craftsman was not as great in the early modern period as has sometimes been suggested» (P.O. Long, 1991, pp.352); por su parte Ph. Braunstein (1983), p. 577, sugiere que «there was an intermediary culture between science and practice, a sort of general know-how which was present in every metal workshop and plant».

11. H. Kellenbenz, (1977), pp. 260-261.

12. J. Sánchez Gómez, (1989), Vol. I, pp. 190-196.

13. D. Molenda, (1986).

14. H.A. Miskimin (1981), p. 45

15. Con referencia a Inglaterra, el impacto de la influencia germana en la «modernización» de la actividad minera preindustrial ha sido, según el reciente trabajo de R. Burt (1991), sobredimensionado. Asimismo, en Suecia, a pesar de la inouable influencia germana en aspectos relacionados con técnicas metalúrgicas y mineras, apenas se introdujo el complejo equipamiento que caracterizó a la minería centroeuropea, probablemente por que resultaba innecesario o demasiado costoso (A. Svanidze, 1981).

16. J. Sánchez Gómez (1989)

17. Ibidem, Vol. II, pp.417-418.

18. Ibidem, Vol. II, pp. 533-535.

hierro. Por razones de tipo geológico y por su escaso valor relativo, la explotación de las minas de hierro ha mantenido hasta el inicio de la revolución industrial rasgos marcadamente tradicionales. Como veremos, los yacimientos explotados en el País Vasco, salvo excepciones, son un claro ejemplo en el que la perpetuación de sistemas productivos, legales y de organización del trabajo ha prolongado métodos de la primitiva minería medieval hasta el siglo XIX.

Como es sabido, el mineral de hierro es uno de los que más abundan en la naturaleza. La dispersión de los yacimientos, con frecuencia situados en superficie o a escasos metros de profundidad, ha facilitado el desarrollo de la producción siderúrgica en numerosos lugares de Europa. Hasta la implantación del alto horno, no obstante, las técnicas metalúrgicas disponibles tan sólo permitían el empleo de una gama muy restringida de minerales y la siderurgia se ubicaba allí donde los yacimientos proporcionaban menas de alto contenido metálico y bajo punto de fusión. El alto horno diversificó los consumos pero, como contrapartida, exigía una provisión más abundante y regularizada, tanto de mineral como de combustible¹⁹. Lo cual, salvo en regiones con una amplia dotación de recursos y adecuados medios de transporte, planteaba nuevos obstáculos.

Por lo que se refiere a España, en la Edad Media existe ya constancia documental que atestigua la extracción de mineral de hierro en la zona pirenaica y prepirenaica de Cataluña, Aragón y Navarra, en la vertiente cantábrica del País Vasco, en Santander y en Lugo²⁰. Al margen de las zonas indicadas, es muy posible que la minería del hierro se extendiera también a otras áreas no documentadas²¹. En cualquier caso, ha sido en Vizcaya y, más en concreto, en los yacimientos de Somorrostro, donde la minería del hierro se ha desarrollado más intensamente y con mayor regularidad. Durante siglos, las minas vizcaínas, gracias a su riqueza, concentración espacial y cercanía al mar, sentaron las bases

de una sólida industria siderúrgica orientada a la exportación. Asimismo, el transporte marítimo y fluvial permitieron que la siderurgia guipuzcoana y la que se desarrolló en el resto de la cornisa cantábrica o el norte de Navarra, se abastecieran en una medida importante de los suministros procedentes de Somorrostro²². En Guipúzcoa los recursos mineros eran menos abundantes, más dispersos y de peor calidad. En concreto, a fines del siglo XVIII parecen existir siete zonas de explotación ubicadas en las localidades de Irún, Oyarzun Rentería, Berástegui, Mondragón, Mutiloa y Ceraín. Las dos citadas en último lugar eran las que disponían de mineral más abundante y de mejor calidad²³.

Salvando algunos textos legales que arrancan del siglo XIII, referidos casi siempre a aspectos relacionados con la comercialización del mineral vizcaíno más que con su explotación, la información disponible es francamente escasa y muy tardía. En 1574 fue editada la obra del médico sevillano N. Monardes *Diálogo del hierro*, en la que podemos encontrar una escueta pero valiosa información acerca del modo en que se trabajaban las minas de hierro en Vizcaya:

«Sabran vuestras mercedes que toda la tierra montuosa de Vizcaya, lo más della son mineros de Hierro, y aunque no se labran todos, beneficianse aquellos que son mejores, y que de ellos se saca mas cantidad de metal, y las demas, como de cosa que es de poco fructo, no se labra ni benefician, porque no sufren la costa que se pone en sacar el metal dellas. Las piedras que estan encima en la veta son del mas fuerte y rezo hierro, tanto que llama aquello Azero por su fortaleza: suele ser la veta de grandes peñascos, que contienen en si el metal y les ponen fuego debaxo para que se quiebren, y despues con almadanas los quiebran y hazen pedazos, los quales ponen en un horno como de cal, y les ponen fuego para que se desmoronen y ablanden para poderlos hazer pedazos mas pequeños, los quales hechos los ponen en hornaza fabricada a proposito que se puedan fundir, y alli se derriten y cae el hierro en lo baxo y se haze una gran pasta, la qual dividida en pedazos los llevan a la fragua, do ay unos grandes

19. La importancia del mineral localmente disponible en el desarrollo del procedimiento indirecto ha sido analizada en N. Björkenstam, G. Magnusson (1991)

20. M. Gual Camarena (1970), pp. 280-281.

21. De hecho, frente a otro tipo de metales (cobre, plata, plomo, etc), las referencias relativas al hierro son siempre más escasas e imprecisas (sobre las fuentes para el estudio de la minería medieval, ver B. Gille, 1969, pp. 279-287)

22. R. Uriarte (1988) pp. 66-69. La tendencia de este tráfico puede seguirse a través del impuesto que gravaba la extracción de mineral para fuera de Vizcaya, ver L.M. Bilbao, E. Fernández de Pinedo (1982), pp. 211-213.

23. Correo mercantil (1792), pp. 198-199.

52 mazos de hierro que los trae el agua como batan, y allí se forjan y hazen estas planchas que ven aquí arri-madas.»²⁴

El fragmento reproducido, al margen de ofrecernos lo que posiblemente constituye la primera descripción precisa del modo en que se trabajaba el hierro en las primitivas ferrerías hidráulicas del País Vasco, señala inequívocamente el empleo del fuego como método para facilitar el laboreo del mineral en explotaciones subterráneas. Se trataba de la técnica del «fire-setting» practicada muy comunemente en la minería europea antes de que se generalizara el uso de la pólvora²⁵. El fuego, combinado cuando era posible con un rápido enfriamiento de las paredes con agua, reducía la resistencia de la roca, provocando grietas que simplificaban notablemente los trabajos de arranque²⁶. La técnica tenía, sin embargo, limitaciones e inconvenientes importantes. En explotaciones extensas, si la ventilación no era la adecuada, el humo desprendido durante la combustión podía paralizar las labores por un tiempo excesivo. Incluso, si existía comunicación entre diferentes explotaciones, la filtración del humo daba lugar a frecuentes conflictos y enfrentamientos entre los mineros²⁷. A más largo plazo, el consumo de leña, especialmente en áreas del Mediterráneo, donde el espacio forestal es más escaso y se regenera con más lentitud, el uso del fuego se vio limitado por la propia escasez de combustible²⁸. Por el contrario, en otras zonas del centro y el norte de Europa, con masas forestales más densas, el «fire-setting» se siguió practicando hasta el siglo XIX²⁹.

24. N. Monardes, (1574), p. 163. *el subrayado es mío*.

25. Agricola describe del siguiente modo: «Cuando no puede arrancarse la vena de la roca que la encaja por la dureza del material o por otra dificultad, si la galería o el socavón son bajos, se coloca un haz de madera seca contra la pared de la roca y se la prende fuego; si la galería o el socavón son altos, se necesitan dos haces, uno sobre el otro, y se dejan arder hasta que se consumen» (G. Agricola, 1972, p. 114). Es de indicar que el propio Agricola menciona que Anibal aprendió el uso de los citados métodos de mineros españoles (Ibidem, pp. 115-116).

26. R.J. Forbes (1966), Vol. II, p. 207.

27. G. Agricola (1972), p. 116.

28. «Also fuel had to be plentiful, this was so in the Alps, but not in the Mediterranean in classical times and therefore fire-setting was not too common in Roman Spain» (R.J. Forbes, 1966, p. 207).

29. R.J. Forbes (1966), p. 208; Anónimo (1949), pp. 285-287.

La introducción de la pólvora supuso sin duda un importante cambio en las condiciones de extracción. La literatura existente sobre el tema ha aceptado como hecho probado que en la minería europea la pólvora se empleó por primera vez en 1627 en Schemnitz (Eslovaquia)³⁰. R. Vergani, sin embargo, ha aportado nuevas evidencias documentales que situarían dicha innovación en Italia, concretamente en la República de Venecia en la segunda mitad del siglo XVI, anticipándose en varias décadas a las experiencias de la Europa Central³¹.

Por nuestra parte no podemos precisar en qué momento la minería vizcaína empezó a hacer uso de la pólvora. Sin embargo existe un texto de la segunda mitad del siglo XVII en el que se hace ya expresa mención a su empleo en las veneras de Somorrostro. Se trata del manuscrito recientemente editado por *The Historical Metallurgy Group of the Swedish Ironmasters' Association*³², donde se reproduce un interesante informe supuestamente debido a A. Cronström, empresario metalúrgico sueco que viajó a través de toda Europa entre 1650-1670, observando y recogiendo detallada información técnica y económica sobre el trabajo del hierro. De acuerdo con las anotaciones referidas a Somorrostro, el mineral se arrancaba por lo general haciendo uso de cuñas y almádenas de hierro, no presentando excesivas dificultades. Sin embargo, en los lugares donde la dureza de la roca lo exigía, se empleaba la pólvora³³. Aunque la cronología no puede ser determinada con exactitud, muy posiblemente fue en la primera mitad del siglo XVII cuando el «fire-setting» fue sustituido por la pólvora, lo cual sin duda debió tener importantes consecuencias en la productividad del sector.

El mismo informe precisa que las explotaciones subterráneas nunca alcanzaban profundidades muy importantes, puesto que los trabajos eran rápidamente aban-

30. H. Kellenbenz (1979), p. 161. El texto en el que se apoya la teoría ha sido publicado íntegramente en G. Hollister Short (1983).

31. R. Vergani (1979), pp. 104 y ss.; más recientemente, R. Vergani (1986). G. Hollister-Short (1985), pp. 32-33, ha discutido dicha hipótesis debido a la escasa precisión de los textos utilizados por R. Vergani en cuanto al modo en que la pólvora fue efectivamente utilizada en los casos propuestos.

32. *Iron and Steel* (1982).

33. «they are easily mined and worked with wedges and iron sledge hammers, except in some places where it is necessary to blast with powder» (*Iron and Steel*, 1982, p. 169).

donados cuando la acumulación de agua dificultaba su continuidad. La abundancia y riqueza del yacimiento permitía la búsqueda de nuevas vetas sin apenas esfuerzo³⁴. Esta misma estrategia se veía reforzada por un marco legal que garantizaba la libre explotación del yacimiento, sin restricciones burocráticas ni barreras de acceso³⁵. Sobre la base de un modelo extensivo, cualquier incremento en la producción debía alcanzarse mediante la multiplicación del número de explotaciones. Las minas eran penetradas en numerosos frentes de arranque, de escasa profundidad y limitado aprovechamiento.

Fuera de Somorrostro, nuestro informante también recoge detalles significativos sobre los sistemas de explotación empleados en pequeños yacimientos ubicados en el interior de las provincias de Vizcaya y Guipúzcoa. En Vizcaya, sin precisar en qué lugar, indica la existencia de dos modos de trabajo: a) mediante pozos y galerías al igual que en Alemania («by shafts and by driving galleries just as in Germany»), poniendo como ejemplo la mina llamada Beorturrusta que visitó personalmente y que empleaba siete u ocho trabajadores y abastecía regularmente a cinco establecimientos, y b) mediante trabajos verticales semejantes a los practicados en las minas de galena existentes cerca de Aachen, Alemania. En este caso el mineral, de escasa calidad y limitado consumo, era extraído a la superficie mediante una grúa o cabrestante³⁶. Por último, en Guipúzcoa, concretamente en Berástegui, una mina abandonada por problemas de drenaje, se había llegado a trabajar a 1.200 pies de profundidad (unos 365 metros), lo cual representaba un considerable nivel de complejidad técnica³⁷.

Estas referencias tan sólo informan sobre métodos

aplicados en explotaciones muy poco representativas en términos productivos. No obstante, tienen un indudable significado en la medida en que reflejan la permeabilidad existente al uso de las técnicas más avanzadas del momento cuando las condiciones lo aconsejaban. Si en Somorrostro, Mutiloa o Ceraín, principales yacimientos existentes en el País Vasco, los trabajadores no hicieron uso de los métodos «arreglados al arte de la minería», y permanecieron fieles a procedimientos mucho menos sofisticados y costosos hasta el siglo XIX, se debió sin duda a la adecuación de los mismos a las específicas circunstancias que se daban en cada caso.

Un prolongado vacío documental impide conocer la trayectoria del sector hasta la aparición de nuevos textos en la segunda mitad del siglo XVIII. Las primeras referencias se deben de nuevo a un viajero sueco, Reinhold Angerstein, que en 1750 llevó a cabo un interesante recorrido por nuestra zona³⁸. De acuerdo con sus anotaciones, mediado el siglo XVIII los yacimientos de Somorrostro eran trabajados por 1.200 mineros agrupados en pequeños equipos de dos, tres y hasta diez miembros. Las explotaciones son calificadas de cuevas y agujeros, y se reitera la práctica habitual de abandonar los trabajos cuando aumentaban las dificultades o disminuía la calidad del mineral. Más tarde, G. Bowles en 1782 y, sobre todo, F. Elhuyar en 1783, se ocuparon con mayor detenimiento en la descripción de las explotaciones de Somorrostro³⁹. Durante las primeras décadas del siglo XIX, los informes y estudios se amplían notablemente y disponemos de la documentación necesaria para precisar el nivel tecnológico existente en la etapa final de la minería del Antiguo Régimen⁴⁰. Por el contrario, debido a la intensa explotación a cielo abierto practicada en los citados yacimientos a partir de la segunda mitad del siglo XIX, en la actualidad resultaría difícil o imposible realizar con éxito trabajos de arqueo-

34. «The mines are neither very deep nor shallow. As soon as water impedes them, the miners look for other veins, which are found in abundance, and it is not necessary to look log for them» (Iron and Steel, 1982, p. 169)

35. «The mining works in Guipúzcoa and Biscay are quite free, they pay nothing to the King, neither in times of peace nor of war, nor any customs duties» (Iron and Steel, 1982, p. 162).

36. Iron and Steel (1982), pp. 169-170. Es difícil establecer cuales fueron las vías de penetración en el País Vasco de los métodos de trabajo desarrollados en la Europa Central. Sabemos, no obstante, que desde el comienzo de la explotación de Guadalcana, la mano de obra de origen vasco representó una de las comunidades más importantes y cualificadas (J. Sánchez Gómez, 1989, Vol. II, p. 565).

37. Iron and Steel (1982), p. 161.

38. R. Angerstein (1750). Resan ifran Madrid genom Biscayen Frankriket och til Lothringen, manuscrito inédito (Jernkontoret, Estocolmo). Agradezco a G. Ryden su amabilidad al haberme facilitado una copia del citado manuscrito, asimismo, debo agradecer a W. Lund la traducción al inglés de los pasajes relacionados con la minería de Somorrostro.

39. G. Bowles. (1782), pp. 342-360; F. Elhuyar. (1783), passim.

40. Al margen de los textos inéditos y la documentación manuscrita existente en diferentes archivos, cabría mencionar los siguientes trabajos: R. Amar de la Torre. (1844); Mr. Manes. (1850) y L. Aldama. (1851).

54 logía minera, que tan buenos resultados han producido en otros casos⁴¹.

Haciendo uso de los textos disponibles, puede comprobarse que, sin excepción, todos aquellos observadores que conocieron los métodos de la minería tradicional insisten en el desorden y primitivismo tecnológico que la caracterizaba. Mediado el siglo XIX, P. Madoz, en su *Diccionario* constata que el criadero se encontraba «perforado en todas las direcciones por pozos inclinados y poco profundos, o por galerías tortuosas, que casi nunca han sido apuntaladas»⁴². El ingeniero W. Gill en un texto fechado en 1882 todavía tuvo oportunidad de recoger la configuración de una explotación tradicional ubicada en los límites de la mina Concha n. 1, perteneciente a la *Orconera Iron Ore Company*. Según su testimonio, las labores subterráneas formaban un intrincado laberinto de más de una milla de largo y una profundidad, desde la entrada, de 53 metros:

«*The Vena dulce is soft, of a deep colour, and very rich in metallic iron. It is the ore that has been worked for centuries past in Biscay, by galleries an underground excavations. The remains of these show how extensive the workings must have been. In the Concha, No. 1, of the Orconera Iron Ore Company, there exists a perfect maze of them, of over a mile in length, and descending to a deth of 53 metres from the entrance.*»⁴³

Con anterioridad, F. Elhuyar, a fines del siglo XVIII, había estimado que por lo general las explotaciones

nunca sobrepasaban los 50 pasos de profundidad⁴⁴. Cualquiera que fuera la dimensión de los trabajos, lo cierto es que existe amplia coincidencia sobre sus características básicas. Cuando se trataba de un terreno virgen, los trabajos se iniciaban limpiando la cubierta vegetal y eliminando la capa superficial de tierra⁴⁵. La riqueza y concentración espacial del yacimiento reducía los trabajos de búsqueda y, por lo general, las labores se iniciaban allí donde existían afloramientos: «abriáanse galerías y pozos allí donde la Vena afloraba, persiguiendo el mineral tan lejos como era posible. Por esta causa el interior de la montaña resulta ser hoy un laberinto de labores de este género»⁴⁶. Las primeras labores de extracción eran practicadas en galerías cuyas dimensiones no excedían de lo necesario para permitir el trabajo de un solo operario y la extracción manual del producto mediante cestos. Únicamente cuando se tenía certeza de que la mina era suficientemente rica, las galerías se ampliaban lo suficiente para permitir el movimiento de caballerías y bueyes utilizadas en el acarreo y extracción del mineral⁴⁷.

Con la única excepción de Mr. Manes, todos los autores coinciden en describir unas galerías que penetraban en la montaña de forma inclinada y descendente, con ángulos que según L. de Aldama tenían unos 15 grados como término medio, aunque en ocasiones podían alcanzar los 21 grados⁴⁸. Manes, sin embargo, afirma que las galerías podían ser horizontales o inclinadas de forma ascendente: «la explotación de las minas de Somorrostro es subterránea, pero se halla muy mal entendida (...) internándose horizontalmente o bien ascendiendo (...). Sobre estas venas se practican a pico y sin entivación alguna, galerías y escavaciones para el arranque, horizontales o inclinadas y de modo más adecuado para obtener la mayor cantidad posible de mineral»⁴⁹.

Una vez abierta la galería principal de acceso y

41. La práctica de la arqueología minera ha permitido en ocasiones reconstruir fielmente la estructura interna de las explotaciones, recuperar el utillaje empleado y un conocimiento mucho más detallado de las técnicas de trabajo empleadas (ver E. Cousandier y P. Fluck, 1980; R. Maurer y A. Frenchar, 1977). R. Adán de Yarza, en uno de los primeros estudios geológicos llevados a cabo en el siglo XIX, realizaba los siguientes comentarios acerca de Triano: «El que hoy examine el monte de Triano, que con este nombre se designa al que contenía las venteras más afamadas desde remotos tiempos, no podrá formar exacto juicio acerca de las condiciones de yacimiento de esta rica masa mineral. Para la gran explotación que en los últimos años se ha llevado a cabo, se desmontó la roca estéril que cubría parte del criadero: grandes volúmenes de escombros cubren el suelo en sus inmediaciones, sin que puedan reconocerse las rocas que lo constituyen, y una buena porción de la misma masa ha desaparecido de su sitio. En cambio, las grandes excavaciones han permitido ver en algunos sitios las rocas subyacentes después de agotado el mineral.» (R. Adán de Yarza, 1892, p. 140).

42. P. Madoz, t. XIV, p. 440.

43. W. Gill, (1882), p. 64.

44. F. Elhuyar, (1783), p. 103

45. Archivo del Corregimiento de Vizcaya, Leg. 135, n. 25.

46. J. Mañé y Flaquer, (1967), p. 384.

47. R. Uriarte Ayo, (1988), pp. 39-41.

48. L. Aldama, (1851), p. 511.

49. Mr. Manes, (1850), pp. 21-22.

extracción, llamada *estrada*, los mineros proseguían las labores procurando adaptarse a los perfiles presentados por la veta o bolsada de mineral sobre la que se trabajaba. Conforme avanzaba la explotación, a ambos lados de la *estrada*, se abrían nuevos frentes de arranque, llamados *rincones*, cuyas dimensiones oscilaban en torno a los 2 metros de ancho y alto. De este modo, cada explotación adquiría una configuración irregular, tortuosa y aparentemente improvisada, que venía impuesta por la propia disposición en la que se presentaba el mineral⁵⁰.

Dadas las características del terreno y la climatología de la región, el drenaje era la dificultad más importante con la que se enfrentaban los mineros. Por lo general, el método más utilizado consistía simplemente en la construcción de zanjas por donde se canalizaba el agua hacia el exterior, de manera que la mina situada en un nivel inferior recibía el agua evacuada de la inmediata superior, lo cual era motivo de lógicos enfrentamientos entre los mineros de explotaciones colindantes:

«Las aguas ocasionan el abandono de algunas minas y es el contratiempo que mas incomoda a otros que arrancan buen mineral. En la mayor parte las dejan salir por zanjas y en muy raras hay establecidas bombas de mano que las estraen, siendo su uso un acontecimiento tal y tan poco frecuente que da su nombre a la misma que de ella se sirve, y ha bautizado igualmente una parte del criadero con el nombre de sitio o parage de la bomba. No deja de dar lugar a algunos disturbios entre mineros colindantes este enemigo de la esplotacion y pretenden algunos, que siga su curso natural, recibiendo sin quejarse la mina mas baja el agua de su inmediata mas alta, doctrina bien antiminera y protectora del haragan en contra del laborioso.»⁵¹

Como puede comprobarse en el texto citado, la utilización de medios mecánicos era prácticamente desconocida. Tan sólo se menciona el uso de una bomba accionada manualmente, lo cual vuelve a alejarnos de los sofisticados métodos de explotación desarrollados en la Europa Central desde fines de la Edad Media.

50. R. Uriarte Ayo. (1988), p. 41.

51. L. de Aldama. (1851), p. 355.

Únicamente en la llamada Mina del Rey, cuya explotación se inició en 1792 para garantizar el abastecimiento de las Reales Fábricas de Liérganes y La Cavada, se procuraron implantar sistemas más eficaces para el drenaje, que consistieron en la apertura de una extensa galería destinada a este fin y otra para la extracción⁵².

En cuanto a los métodos seguidos para asegurar la firmeza del terreno y evitar los hundimientos, los textos que manejamos vuelven a indicarnos el escaso nivel tecnológico existente. El sistema consistía en avanzar dejando a cada cierto espacio pilares de sujeción del mismo mineral:

«De este modo llegan a cierta profundidad, hasta encontrar mineral de buena calidad, en cuyo arranque no se sigue más regla que la de extraer quanto se puede, por lo que solo se suele dexar un pilar que otro de distancia en distancia, pero con tan poco orden y proporcion que resultan unas cavidades de naziado grandes e irregulares para la firmeza del mineral; de suerte que faltándoles estrivos, se derrumban las bóvedas y ciegan las labores, sepultando a veces en ellas a una porcion de obreros. De esto resulta que las escavaciones jamás llegan a tener una gran estensión; y aun en este corto trecho suceden desgracias con frecuencia por el poco cuidado de los mismos obreros.»⁵³

Se trata, como sabemos del sistema de «pilares y cámaras» practicado desde la Antigüedad y que en el siglo XVIII únicamente se mantenía en las minas más primitivas⁵⁴. En cualquier caso, frente a los riesgos físicos para el trabajador y las limitaciones en cuanto a la posibilidad de extender y profundizar los trabajos, el método resultaba sin duda la alternativa más viable en las con-

52. R. Uriarte Ayo. (1988), p. 42.

53. F. Elhuyar. (1783), p. 103.

54. «Los mineros (en la Antigüedad) trabajaban por el sistema de pilares y cámaras, que consistía en dejar pilares intactos de mineral para que sostuviera el techo de los pasillos que se tallaban dentro de la veta. Cuando la roca constituía un serio obstáculo la resquebrajaban por medio del fuego; esto es, encendían un fuego para calentar la roca, que entonces podía ser fragmentada lanzándole encima agua fría.» (T.K. Derry y T.I. Williams, 1977, vol. I., p. 171)

56

diciones de explotación existentes en Somorrostro. Nuevamente, la abundancia y concentración espacial del mineral, el escaso valor relativo del hierro frente a los metales preciosos y la hegemonía del pequeño productor autónomo, en un marco legal de libre acceso a los yacimientos, imponía las técnicas menos costosas.

Las galerías, como se ha visto, nunca alcanzaban gran longitud, por lo que no parece que la ventilación fuera un problema, salvo en las labores iniciales de búsqueda⁵⁵. Sí, en cambio, había que iluminarlas artificialmente, lo cual se realizaba por medio de velas de sebo colocadas en las paredes mediante una pella de arcilla⁵⁶.

El instrumental y las técnicas propias del laboreo tampoco diferían de las empleadas en las formas más tradicionales de explotación. La pólvora, introducida como hemos visto en la primera mitad del siglo XVII, fue la principal innovación. Por lo demás, las herramientas empleadas no eran otras que las habituales en este tipo de trabajos: picos, cuñas, martillos, palancas, etc. La extracción del mineral a la superficie se efectuaba por medio de rastras tiradas por bueyes⁵⁷, y los equipos de trabajo se alternaban en los trabajos de arranque y extracción.

Por razones geográficas y normativas, los trabajadores empleados en el arranque y transporte del mineral en Somorrostro, procedían de los municipios colindantes, en un entorno de unos 10 kilómetros, por lo que frecuentemente empleaban de dos a tres horas en los desplazamientos diarios a las minas⁵⁸. Se trataba de campesinos que alternaban las labores del campo con

el trabajo en las minas, ocupándose en esta actividad los meses más secos del año, de mediados de mayo a mediados de octubre. Durante el invierno la actividad era prácticamente nula, debido tanto a razones técnicas como institucionales⁵⁹.

Aunque nuestra información es mucho más limitada con relación a Guipúzcoa, la situación en los yacimientos de hierro existentes en su territorio no debía ser muy distinta a la que hemos descrito para Vizcaya. Se trataba también de explotaciones subterráneas de corta extensión, trabajadas a fuerza de brazos. La pólvora, al parecer, era utilizada en todos los casos a excepción de Mutiloa y Cerain⁶⁰. Por otro lado, frente al sistema de pilares empleado en Somorrostro, en los yacimientos guipuzcoanos se recurría a la entibación por medio de maderas:

«El método regular de explotar los pocos minerales de hierro de la provincia, es arrancar la vena a fuerza de pólvora y de brazos, con palanca o barras de hierro, sustentando con maderos y tablas, a modo de cumbrias, las bóvedas superiores, y lados de las cuebas y hoyos que se abren para sacarla.»⁶¹

Tal como ha sido mencionado con anterioridad, el carácter comunal de los yacimientos vizcaínos de Somorrostro, permitía el libre acceso a su explotación. En Guipúzcoa, al menos por lo que a Cerain y Mutiloa se refiere, la situación era muy semejante⁶². Dicha circunstancia, unida al hecho de que apenas existía una reglamentación interna del sector, permitió que la producción se organizara en base a pequeños grupos de trabajadores

55. «La ventilación no suele hallarse en mal estado en estas minas, siendo su principal causa la poca profundidad y aun estension de los labrados, y los continuos hundimientos y grietas que con ellos comunican, aunque hay veces que en las angostas labores de reconocimiento no les sucede lo propio.» (L. de Aldama, 1851, pp. 354-355).

56. «Para alumbrarse en los subterráneos usan velas de sebo de las que en una libra de diez y siete onzas entran cinco. Hacen una pella de arcilla, y envuelven con ella la parte inferior de la vela para tenerla en la mano, y quando trabajan aseguran la pella en cualquiera de los hastiales o laderas.» (Ibidem, p. 355).

57. «El arranque del mineral se hace con picos, con cuñas o con pólvora, segun las circunstancias, y la extraccion por medio de unas rastras tiradas por bueyes.» (F. Elhuyar, 1783, p. 184).

58. «todos viven lejos de las minas a 2, 3 y más horas de camino, perdiendo muchas de trabajo, mojándose o cansándose en subir al monte todos los días, y cargando con herramientas, pan, el canarillo de agua y preciso sustento» (Archivo General del Señorío de Vizcaya. Minería. Reg. 1).

59. R. Uriarte Ayo, (1988), pp. 47-50; sobre los problemas derivados de la pluriactividad de la mano de obra aplicada al sector, ver R. Uriarte Ayo (1994b).

60. «Explotan los de Oyarzun, Renteria, Irun, Berastegui y Mondragon a barreno con pólvora: las de Mutiloa y Cerain, con las mismas y sin pólvora.» (Correo mercantil, 1792, p. 199)

61. Ibidem, p. 199.

62. «en mi jurisdicción (Cerain) havia una mina de yerro, y no herreria alguna: dha mina la benefician los que quieren y proveen a las herrerias del contorno libremente, y sin licencia ni requisito alguno». «en esta villa de Mutiloa se halla una vena o mineral de fierro, la que siempre a sido libre para todo guipuzcoano y no ai mas limitacion que la de no poder introducir ninguno en labor empezada por otro en un abujero, sin permiso del que empezó primero en ella. Y esta M.N. y M.L. Prova. de Guipuzcoa ha cuidado siempre de conservar el uso libre de dha. vena y no ai sobre ella ni jamas ha havido impuesto alguno» (Archivo Provincial de Guipúzcoa, SEC. 2. Neg. 21. Leg. 90, año 1791).

autónomos, de tres a cinco miembros. De este modo, hasta que no se implantó la normativa liberal del siglo XIX, las posibilidades de cambio tecnológico siempre estuvieron enormemente restringidas. Sin embargo y a pesar de las indudables limitaciones existentes en el marco de la minería tradicional, tanto a nivel organizativo como en lo referente a los métodos de trabajo y técnicas empleados, la minería practicada durante el Antiguo Régimen respondía a indudables criterios de racionalidad.

El atraso tecnológico del sector no es resultado de una pretendida ignorancia de los trabajadores. De hecho, tal como hemos podido comprobar, en el siglo XVII ya se conocían y practicaban sistemas de explotación tan avanzados como los implantados en Alemania. Estudiando el cambio técnico, aplicando prácticas extensivas sin apenas inversión en capital fijo, el pequeño productor autónomo conseguía extraer el mineral a unos costes que difícilmente podían ser reducidos haciendo uso de técnicas más sofisticadas y complejas. Dada la abundancia de mineral, su concentración espacial, la relativa facilidad con la que se extraía y la libertad de explotación, cualquier alternativa que pretendiera introducir sistemas de explotación acordes con los conocimientos desarrollados durante el Renacimiento, estaba necesariamente condenada al fracaso.

Podemos ilustrar esta situación con dos buenos ejemplos. El primero se refiere a una iniciativa estatal de fines del siglo XVIII. En concreto, en la década de 1790 la Monarquía decidió gestionar directamente la explotación de una mina en Somorrostro para garantizar el abastecimiento de los altos hornos que en la vecina provincia de Santander producían armamento y pertrechos destinados a la Armada española. Tras varios años de preparativos, costosas inversiones e intensos trabajos, las minas empezaron a ser explotadas de acuerdo con las técnicas más avanzadas de la época. El resultado, sin embargo, fue el cierre y abandono de la explotación cuando apenas habían transcurrido 10 años desde que se iniciaron los trabajos. Por supuesto, la razón que explica el fracaso no es otra que los costes de explotación y el precio final del mineral extraído eran sensiblemente superiores a las que se obtenían en las explotaciones tradicionales con técnicas mucho más elementales y costes salariales más bajos.

Desde el punto de vista de la iniciativa privada, la experiencia resulta algo más compleja. Frente al pro-

ductor autónomo, el empresario capitalista se enfrentaba en primer lugar a la inexistencia de una legislación que estableciera con rigor los límites de cada explotación. Cuando alguien conseguía descubrir una buena veta de mineral, la ausencia de derechos de propiedad individuales hacía muy difícil asegurarse el aprovechamiento exclusivo del mineral descubierto. La libertad de explotación favorecía siempre al pequeño productor y frenaba el cambio técnico, puesto que nadie se planteaba la posibilidad de realizar costosas inversiones en infraestructura y equipamiento sin un mínimo de garantías sobre la propiedad. Por otra parte, existían dificultades adicionales a la hora de reclutar mano de obra asalariada. Tal como queda reflejado en los primeros intentos de empresarios capitalistas decididos a regularizar el trabajo y extenderlo a lo largo de todo el año, mientras en Somorrostro se mantuvo el carácter comunal del yacimiento, los trabajadores dispuestos a ser contratados como obreros asalariados durante los meses de invierno abandonaban el trabajo en el verano, independizándose y volviendo a formar pequeños grupos de trabajadores autónomos. Ciertamente, la propiedad comunal no sólo dificultaba el cambio técnico, sino que frenaba la difusión del trabajo asalariado y la empresa capitalista. Por otro lado, en la medida en que la minería es una actividad necesariamente concentrada por razones de tipo geológico, la formación de «comunidades mineras» más o menos densas, es un fenómeno generalizado y determinante desde el punto de vista de la organización del trabajo. Estos colectivos, en contraste con otros trabajadores rurales dispersos, pudieron llegar a establecer un marco normativo y de relaciones capaz de preservar hacia el exterior una cierta comunidad de intereses, de forma que los procesos de proletarianización difícilmente podían avanzar de no existir una ruptura «política» e institucional previa.

La aparente estabilidad del sistema empezó a quebrarse a finales del siglo XVIII. Por parte de la comunidad campesina que tenía acceso a los yacimientos, el crecimiento demográfico que se había producido a lo largo del siglo XVIII, debió significar un notable aumento de la renta de la tierra, una disminución del porcentaje de campesinos propietarios y una reducción del tamaño de las explotaciones. Bajo estas condiciones, la importancia relativa de los ingresos procedentes de la minería tendería a incrementar. Sin embargo, en el sector minero, debido a la crisis de la siderurgia, ya no existía margen

⁵⁸ para nuevos aumentos en la producción, y los precios a boca mina se estancaron o disminuyeron⁶³.

La presumible caída de los beneficios comerciales y los problemas derivados del control de la mano de obra, propiciaron iniciativas encaminadas a la liquidación de las prácticas mineras tradicionales y la implantación generalizada de mano de obra asalariada. Tras diferentes intentos frustrados y varias décadas de conflictividad y enfrentamientos más o menos abiertos, a partir de 1840, el triunfo de la revolución liberal en España permitió suprimir la propiedad comunal e implantar una legislación minera que permitió el rápido avance de la proletarianización de la mano de obra y el arrinconamiento de las formas organizativas tradicionales.

Inicialmente, la extensión del trabajo asalariado y la implantación de la empresa capitalista no supuso cambios técnicos significativos y la mano de obra siguió vinculada a la tierra. Así, aunque el desarrollo de la empresa capitalista estaba en contradicción con los sistemas de trabajo tradicionales, hasta que los niveles de demanda no crecieron como consecuencia del avance de la industrialización y la apertura de nuevos mercados en el exterior, el trabajo en las minas siguió siendo una ocupación adicional para los campesinos más pobres y las técnicas tampoco cambiaron de forma radical.

En la segunda mitad del siglo XIX, sin que existieran ya frenos legales a la expansión de la empresa capitalista, los inicios de la modernización siderúrgica en el País Vasco y el norte de España, y la apertura de nuevos mercados en Francia y posteriormente en Inglaterra, aumentó y diversificó la demanda de mineral de hierro. A partir de ese momento, con un mercado en expansión, el cambio técnico y la reorganización del trabajo se produjeron con rapidez. La minería subterránea fue prácticamente abandonada y se empezó a trabajar a cielo abierto, lo cual significó un cambio radical con respecto a las técnicas de la minería tradicional. La diversificación de la demanda hacia variedades de mineral no consumidas hasta entonces extendió las labores a nuevas zonas e intensificó el aprovechamiento del yacimiento. Las exigencias mecánicas del laboreo a cielo abierto eran muy limitadas y los trabajos podían realizarse por una mano de obra sin apenas conocimientos, ni experiencia previa. Esta circunstancia faci-

litó el reclutamiento de nueva mano de obra que, a diferencia del trabajador tradicional, abandonaba el campo de forma definitiva, y se transformaba en obrero industrial. A través de la inmigración, la población trabajadora aumentó y surgieron nuevos núcleos urbanos. Aunque el obrero «mixto» tardó en desaparecer, las exigencias de una producción ascendente y organizada bajo la dirección de empresarios capitalistas hizo necesario disponer de una fuerza laboral especializada y disciplinada⁶⁴. De este modo, tecnología, organización del trabajo y coyuntura económica configuraron un nuevo modelo de acumulación, cada vez más alejado del sistema tradicional que había dominado sin apenas variaciones desde la Edad Media.

63. R. Uriarte (1988), p. 57. cuadro 6

64. R. Uriarte (1994a y b).

Bibliografía citada

Adán de Yarza, R., (1892), *Descripción física y geológica de la provincia de Vizcaya*, Madrid.

Aldama, L., «Descripción de la mina de hierro de Triano en Somorrostro, con un apéndice sobre los demás criaderos de este metal en Vizcaya», en *Revista Minera. Periódico Científico e Industrial*, t. II, pp. 302-311, 353-388.

Amar de la Torre, R., (1844), «Algunas noticias sobre las minas de hierro de Somorrostro», en *Boletín Oficial de Minas*, n. 4, junio-julio, pp. 43-44, 51-52.

Blanchard, I., (1972), «The Miner and the Agricultural Community in Late Medieval England», en *Agricultural History Review*, 20, pp. 93-106.

Blanchard, I., (1978), «Labour Productivity and Work Psychology in the English Mining Industry, 1400-1600», en *Economic History Review*, Vol. XXXI, No. I, pp. 1-24.

Bowles, E., (1782), *Introducción a la historia natural y geografía física de España*, Madrid.

Braunstein, Ph., (1983), «Innovations in Mining and Metal Production in Europe in the Late Middle Ages», en *Journal of European Economic History*, Vol. 12, No. 3, pp. 573-591.

Bromehead, C.N., (1956), «Mining and Quarrying to the Seventeenth Century», en Singer, Ch. et al. (eds.), *A History of Technology*, vol. II, Oxford, pp. 1-40.

Burt, R., (1991), «The international diffusion of technology in the early modern period: the case of the British non-ferrous mining industry», en *Economic History Review*, XLIV, 2, pp. 249-271.

Cipolla, C.M., (1972), «The diffusion of Innovation in Early Modern Europe», en *Comparative Studies in Society and History*, XIV, pp. 46-52.

Cousandier, E. y Fluck, P., (1980), «Atlas des outils trouvés dans les anciennes mines vosgiennes», en *Pierres et Terre*, n. 20, pp. 3-43.

Daumas, M., ed. (1969), *A History of Technology and Invention*. Vol. II. *The First Stages of Mechanization*, New York.

Derry, T.K., y Williams, T.I., (1977), *Historia de la tecnología*, 3 vols., Madrid.

Elhuyar, F., (1783), «Estado de las minas de Somorrostro», en *Extractos de la Sociedad Bascongada de Amigos del País*, Vitoria, pp. 101-113.

Estadísticas Mineras y Metalúrgicas de España, (1867), Madrid.

Forbes, R.J., (1966), *Studies in Ancient Technology*, Vol. VII, Leiden.

Gill, W., (1882), «The Iron Ore District of Bilbao», en *The Journal of the Iron and Steel Institute*, n. 1, pp. 63-95.

Gille, B., (1969), «Les problèmes de la technique minière au Moyen-Age», en *Revue d'Histoire des mines et de la métallurgie*, pp. 279-296.

Hall, R. R. (1981), «La primera tecnología moderna, hasta 1600», en M. Kranzber, C. W. Pursell, Jr. (eds), *Historia de la tecnología. La técnica en Occidente de la Prehistoria a 1900*, Barcelona, pp. 95-120.

Hatcher, J., (1974), «Myths, Miners, and Agricultural Communities», en *Agricultural History Review*, 22, pp. 54-61.

Hollister-Short, G., (1983), «The Use of Gunpowder in Mining: A Document of 1627», en *History of Technology*, Vol. VIII, pp. 111-115.

Hollister-Short, G., (1985), «Gunpowder and Mining in Sixteenth-and Seventeenth- Century Europe», en *History of Technology*, Vol. X., pp. 31-66.

Iron and Steel on the European Market in the 17th Century. A Contemporary Swedish Account of Production Forms and Marketing, Stockholm.

Kellenbenz, H., (1977), *El desarrollo económico de la Europa Continental (1500-1750)*, Madrid.

Kellenbenz, H., (1979), «La técnica en la época de la revolución científica (1500-1700)», en Cipolla, C.M., (ed.), *Historia Económica de Europa. Siglos XVI y XVII*, Esplugues de Llobregat, pp. 141-213.

Long, P.M., (1991), «The Openness of Knowledge: An Ideal and Its Context in 16th-Century Writings on Mining and Metallurgy», en *Technology and Culture*, Vol. 32, n. 2, pp. 318-355.

Majer, J., (1971), «Le développement de la technique minière en Europe centrale au XVI siècle», en *XII Congrès International d'Histoire des Sciences. Actes Tome XB. Histoire des Techniques*, Paris, pp. 47-52.

Manes, Mr., (1850), «Noticia sobre las minas de hierro de Somorrostro en Vizcaya», *Revista Minera*, t. I, pp. 21-24.

Mañé y Flaquer, J., (1967), *Viaje por Vizcaya al final de su etapa foral*, Bilbao.

Maurer, R. y Frechard, A., (1977), «Les techniques minières au XVIé Siècle en Alsace», en *Annuaire de la Société d'Histoire du Val de Ville*, pp. 92-98.

Miskimin, H.A., (1981), *La economía europea en el Renacimiento tardío (1460-1600)*, Madrid.

Molenda, D., (1986), «Les innovations technologiques en Europe centrale du XIV^e au XVII^e Siècle», en *Diciottesima Settimana di Studio*, 11-15 Aprile, 1986, Prato.

Monardes, N., (1574), *Diálogo del hierro, y de sus grandezas, y como es el más excelente metal de todos, y la cosa más necesaria para servicio del hombre, y de las grandes virtudes medicinales que tiene*, Sevilla.

Nef, J.U., (1967), «La minería y la metalurgia en la civilización medieval», en M. Postan y E.E. Rich (dir.), *Historia Económica de Europa*, t. II, *El Comercio y la Industria en la Edad Media*, Madrid, 1967, pp. 541-618.

Pacey, A., (1980), *El laberinto del ingenio. Ideas e idealismo en el desarrollo de la tecnología*, Barcelona.

S.a., (1949), «The Ancient Art of Fire-Setting», *Mine and Quarry Engineering*, Vol. 15, pp. 283-288.

Sánchez Gómez, J., (1989), *De minería, metalurgia y comercio de metales. La minería no férrica en el Reino de Castilla, 1450-1610*, 2 vols, Salamanca.

Scott, J.M., (1972), «Technological and Economic Changes in the Metalliferous Mining and Smelting Industries of Tudor England», en *Albion*, vol. 4, pp. 94-110.

Scoville, W.C., (1951), «Minority Migrations and the Diffusion of Technology», en *Journal of Economic History*, Vol. XI, n. 4, pp. 347-360.

Smith, C. S., (1967), «Metallurgy in the Seventeenth and Eighteenth Centuries», en Kranzberg, M. y Pursell, C. W., (eds.), *Technology in Western Civilization*, 2 Vols, London, Toronto.

Svanidze, A., (1981), «Organization and Technique in Sweden's Mining and Metallurgical Industries of the 14th and 15th Centuries», en *Produttività e tecnologie nei secoli XII-XVII*, Firenze, pp. 431-443.

Uriarte, R., (1988a), *Estructura, desarrollo y crisis de la siderurgia tradicional vizcaína, 1700-1840*, Bilbao.

Uriarte, R., (1988b), «La minería vizcaína del hierro en las primeras etapas de la industrialización», en E. Fernández de Pinedo y J.L. Hernández Marco, (eds.), , Barcelona. pp. 154-177.

Uriarte, R. (1994a), «La minería preindustrial en Vizcaya. 1500-1875», en VV.AA., *La cuenca minera vizcaína. Trabajo, patrimonio y cultura popular*, Madrid, pp. 11-26.

Uriarte, R. (1994b), «Agriculture and Mining in Pre-Industrial Basque Society», en I. Blanchard (ed.), *Labour and Leisure in Historical Perspective, Thirteenth to Twentieth Centuries*, Stuttgart, pp. 79-88.

Vazquez de Prada, V., (1988), «La coyuntura de la

minería y de la metalurgia europeas (Siglos XIII-XVIII)», en *Revista de Historia Económica*, Año VI, primavera-verano, n. 8, pp. 257-276.

Vergani, R., (1979), «Gli inizi dell'uso della polvere da sparo nell'attività mineraria: il caso veneziano», en *Studi Veneziani*, III, pp. 97-140.

Vergani, R., (1986), «Innovazione minerarie e metallurgiche nell'area veneta (secoli XV-XVIII)», (mecanografiado).