

LA MINERÍA ANTIGUA DE RIOTINTO (HUELVA)

THE ANCIENT MINING OF RIOTINTO (HUELVA PROVINCE)

Miguel Ortiz Mateo

Universidad de Huelva

RESUMEN

En el presente trabajo se describe la minería antigua realizada en Riotinto, especialmente la romana que alcanzó un auge jamás conseguido anteriormente, no siendo igualada hasta finales del siglo XIX, ya en la época de la compañía inglesa "The Rio Tinto Company Limited" (RTCL).

ABSTRACT

The present work describes the ancient mining that has been done at the Riotinto's Mines, in particular the Roman, obtaining a development never reached before and only compared with the English The Rio Tinto Company Limited at the end of the nineteenth century.

PALABRAS CLAVE

Minería Antigua, Minería Romana, Riotinto, Rio Tinto, Escorias Antiguas.

KEY WORDS

Ancient Mining, Roman Mining, Riotinto, Rio Tinto, Ancient Slags.

INTRODUCCIÓN

La minería antigua que comprende las labores realizadas desde antes de los tartesos hasta las romanas, sin que podamos prácticamente diferenciar los trabajos previos a los romanos debido a que sus vestigios desaparecieron por los extraordinarios trabajos realizados por éstos, que cubrieron con sus nueve millones de toneladas de escorias los escoriales anteriores, a lo que se une el posterior uso de estas escorias para su refundición, bien como fundente debido a su contenido en sílice o para aprovechar su contenido en cobre o plata, como balasto para el ferrocarril y acondicionamiento de caminos durante los siglos XVIII y XIX. No obstante, han quedado innumerables referencias en la literatura del comercio, de esta época, de los metales con el Oriente Próximo.

La Faja Pirítica Ibérica ofrecía a los antiguos un conjunto de mineralizaciones cuyo beneficio podía producir cobre, plata, plomo, hierro, sustancias colorantes (caparrosa) y algún tipo de roca ornamental como el jaspe que suele aflorar en los yacimientos de manganeso.

LA MINERÍA DURANTE LA ÉPOCA ANTIGUA

En la faja pirítica onubense los restos de minería más antiguos corresponden al yacimiento de Cuchillares, que se clasificó en la Edad del Cobre I, a fines del IV milenio y los inicios del III a.C., donde se encontraron toscas herramientas mineras, anteriores a la aparición de los martillos con surco central de empuje, que fueron utilizados en la Edad del Cobre II, dentro del III milenio a.C. (figura nº 1).

La mineralización consistía en un depósito pequeño de pirita con afloramiento de gossan. Se explotaron pequeños filoncillos de malaquita situados entre las rocas volcánicas. La mina consistía en cavidades, agujeros y trincheras largas y estrechas.

La localización de yacimientos de cobre, en el distrito de Huelva, trabajados en el periodo calcolítico se establece en la figura nº 2.

Las minas de la Edad del Cobre, conforme a la creencia general, después del agotamiento de los carbonatos y óxidos, volverían a ser explotadas en el II milenio a.C., una vez desarrollada la tecnología necesaria para la reducción de los minerales sulfurados.

La novedad más importante de la Edad del Bronce a nivel minero y metalúrgico, es la explotación de minerales argentíferos para la producción de plata (PÉREZ MACÍAS, 1996, 47). Durante el Bronce, se comienza la producción industrial de cobre mediante el beneficio de los carbonatos de cobre (malaquita y azurita) existentes sobre los sulfuros primarios y las monteras oxidadas de las masas de pirita, alcanzando su mayor auge en el Bronce final.

Estas explotaciones mineras eran rudimentarias, consistiendo en trincheras de superficie realizadas con martillos y picos de cantos rodados con surco central para empuje producido por abrasión.

Las explotaciones mineras, tal como señala BLANCO FREIJEIRO y LUZÓN (1968), debieron de experimentar un extraordinario incremento de las actividades a partir del año 43 a.C. en que dio comienzo con el emperador AUGUSTO el periodo de paz, alcanzando su máximo esplendor entre los años 250 y 275 d.C. para decaer a finales de este siglo y comienzos del siguiente. Desde mediados del siglo III hasta el primer cuarto del siglo V, en que se paralizaron, el ritmo de explotación fue más uniforme. ROSTORTZEFT (1973, 413-414) mantiene la tesis de que las minas de plata se agotaron a finales del

Artículos

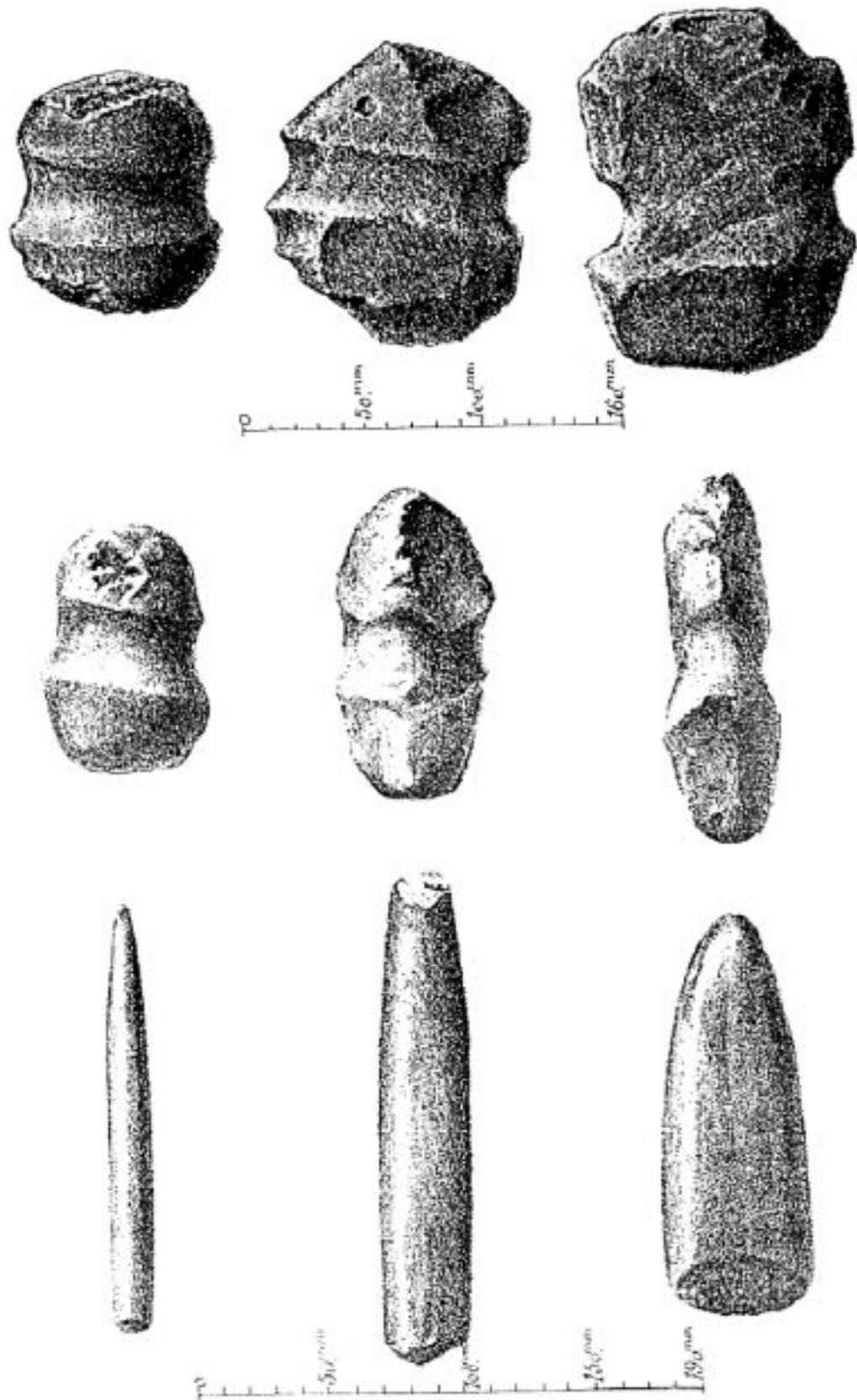


Fig. 1: Representación de algunas herramientas protohistóricas halladas en diferentes parajes de la provincia de Huelva
Fuente: GONZALO TARÍN, 1888, T. II. Lámina 1ª



Fig. 2: Localización de yacimientos de cobre en el Distrito de Huelva trabajados en el período calcolítico (Edad del Cobre I). IV-III milenio a.C.
Fuente: Libro Blanco de la Minería Andaluza, 1986, 17

siglo II (basado en datos numismáticos), y de que no fue un abandono brusco de la actividad minera en el año 423 ó 425 (durante el mandato del emperador HONORIO), sino que primero se agotaron los filones de mayor valor, y menor volumen de reservas de minerales, como los de plata, para posteriormente agotarse los de mineral de cobre con ley de corte igual o superior al 8% (SALKIELD, 1987, 11)¹ en conjunción con el agotamiento de la madera, siendo necesario traerla de zonas más alejadas con el consiguiente encarecimiento, lo que hizo que los yacimientos dejaran de ser rentables, para finalmente con la caída del imperio romano se olvidase el beneficio de las minas.

La minería romana de Riotinto, se realizó por un sistema de grandes huecos en los sulfuros primarios sin regularidad, en seguimiento de los minerales más ricos, arrancándolos por completo y rellenando posteriormente, donde era necesario, los huecos generados con minerales pobres y materiales estériles de la explotación, el mineral se atacaba desde el muro, sirviendo el relleno de entibación y de superficie de trabajo, para ir realizando la explotación.

Este sistema lo realizaban sin grandes dificultades por la consistencia, que en general presentaba la masa explotable; y que, al parecer fueron desarrollando a medida que ganaron profundidad, pues en la parte alta

no se encontraron en el siglo XIX labores de tan grandes dimensiones. Las galerías eran estrechas y laberínticas siguiendo las venas más ricas del mineral, para extender luego los campos de labor a los grandes núcleos o riñones, sin que les amedrentasen los grandes huecos (se han encontrado oquedades de 50 m de longitud, por 30 m de ancho y 15 a 20 m de alto) o las estrecheces donde únicamente un hombre puede pasar arrastrándose.

Las grandes profundidades que alcanzaron, las ganaron con el auxilio de socavones, que por lo menos fueron trece: nueve al Sur, los Molinos, alto y bajo de Nerva, San Luis, San Roque, San Pedro, correspondiendo todos ellos al Filón Sur, y tres en el Filón de San Dionisio; cuatro al Norte que son el Fuente Fría, dos de la Fuente de Mal Año y otro más bajo en el arroyo de la Gangosa. Además existían las Cuevas del Lago y del Tabaco en el Filón Norte, notables por sus grandes dimensiones, y la primera también por las aguas vitriólicas que de ella salían.

Los romanos también practicaron la minería a cielo abierto, para aprovechar los afloramientos de manera más económica; rellenando el hueco producido con los

¹ Antiguo director metalúrgico de la RTCL, basándose en sus conocimientos metalúrgicos establece que explotaron minerales con leyes que oscilaban entre el 8 y 20% de cobre.

Artículos

escombros procedentes del avance de la mina, sistema que hoy en día se denomina minería a cielo abierto por transferencia, método que producía un menor impacto ambiental y una importante reducción de costes.

Como resultado de esta minería había un macizo de terreno movido que cubría los criaderos, y que ocasionaba frecuentes hundimientos en la superficie (GÓMEZ DE SALAZAR, 1870, 294-295).

Las galerías construidas en la zona de contacto entre el gossan y los sulfuros masivos para la explotación de las jarositas, zona donde la roca era menos competente, eran entibadas con alcornoques, encinas y otras maderas de la sierra, materiales que empleaban tanto en los cuadros y portadas como en los encostillados (GONZALO TARÍN, 1888, Tomo II, 34).

La perforación la realizaban con martillos y picos, habiéndose también encontrado evidencias del empleo del fuego para romper la roca (SALKIELD, 1987, 16).

Que los romanos explotaron los sulfuros primarios no nos queda la menor duda y lo deducimos de que en el siglo XIX se explotaban estos sulfuros y de lo que manifestaba GÓMEZ DE SALAZAR (1870, 182) quejándose de los peligros que suponían las galerías romanas situadas debajo de los niveles de explotación de la época, decía: *"... como no se había podido reconocer mayor profundidad, ignorábase que existiese un abismo inmediatamente debajo de los pilares y galerías que se ejecutaban entonces. Mas la gran explotación romana, al menos en el criadero Sud, que es el conocido actualmente, presenta un gran desarrollo por bajo del 6º piso; desarrollo que, ocupando gran parte de la zona de los 7º y 8º debe creerse alcance mayores profundidades, si se atiende al sistema seguido en aquella época; pues después de habilitado en la moderna el socavón de San Roque, que gana el nivel del 6º, y más tarde el de San Luis, que avanza por debajo del 8º, que son hoy las labores más profundas, resultan vestigios de otro en el sitio de los Molinos, que alcanza el nivel del 10º y que debe haber estado comunicado con las labores de disfrute, toda vez que éstas manifiestan su continuación por debajo del 8º, continuación que supone el desagüe previo de esa zona inferior. Después de todo, esas labores antiguas que en los primeros pisos tienen dimensiones moderadas, las adquieren tan considerables en los inferiores, que forman oquedades de 50 ó más metros de longitud, con 30 y más de latitud y 15 ó 20 de altitud, a lo cual se agrega la circunstancia de que la solidez accidental que ha proporcionado la incomunicación de esos labrados durante el reposo del abandono, rellenando de agua los vanos y conservando íntegras las superficies, desaparece o se debilita con el trabajo moderno, que proporciona paulatinamente comunicaciones más o menos ostensibles, desaguardo, descubriendo las superficies que, por su índole, se descomponen en breve tiempo y ocasionando movimientos por*

falta de armonía entre sólidos y huecos superiores e inferiores, por desconocerse estos últimos".

La exploración de los yacimientos, según RAMBAUD (1969), comenzaría con el examen de las arenas de ríos y arroyos, donde precipitarían los sulfatos; la coloración rojiza del terreno delataría la presencia de las monteras oxidadas de los yacimientos piritosos, siendo el siguiente paso la realización de pocillos para confirmar la existencia del mineral. Localizado el yacimiento la extracción se realizaría por medio de pozos y galerías. La cantidad de metales extraídos por los romanos la fijaba en 60 toneladas de oro y 4.000 toneladas de plata.

El descenso a la mina lo realizaban por medio de galerías inclinadas, y por los propios pozos, para lo cual se labraban pequeños huecos en la roca para apoyar los pies. Para salvar los desniveles empleaban escaleras construidas con un tronco grueso de sección cuadrada con escotaduras a modo de sierra que hacían la función de peldaños, de los que se han encontrado ejemplares en Riotinto.

La extracción de los minerales arrancados la realizaban bien a través de los socavones o bien por pozos verticales, utilizando para ello el torno manual (germen de las máquinas de extracción), que consistía en un cilindro de madera con unas crucetas en sus extremos y una maroma enrollada, a cuyo final ataban unos recipientes, y que mediante la fuerza de hombres que lo hacían subir o bajar por los pozos, utilizándose tanto para extraer el mineral arrancado, como para transportar a los mineros.

Como el interés por aumentar las producciones era grande, debido por un lado a su situación de colonizadores, y por otro a las exigencias de fundidores y compradores del producto final, idearon el sistema de pozos gemelos (tenían un diámetro de un metro y estaban separados entre sí por una distancia también de un metro) que mediante un solo torno de madera situado entre ambos y cuyo tambor estaba dividido en dos partes por unas crucetas del mismo material, se enrollaba una maroma que pasaba por sendas poleas, situadas en dos unidades de otro elemento que era la portada (precursora del malacate) situadas una en cada brocal, y en los extremos de la mencionada maroma estaban atados dos recipientes, consiguiendo con ellos los objetivos siguientes: disminuir el esfuerzo, al bajar en el extremo del recipiente vacío un hombre o útiles de contrapeso, aumentar la producción pues se trabajaba en dos pozos a la vez, liberar la boca del pozo para agilizar las operaciones y reducir la mano de obra. Estos pozos gemelos también realizaban la función de proporcionar iluminación a las galerías subterráneas y de servir de orientación para la realización de las mismas pues iban siguiendo el criadero, también se utilizaban para la extracción del mineral de su radio de influencia.

El torno manual junto a la portada o el trípode se ha utilizado en Huelva hasta el siglo XX en las pequeñas explotaciones de manganeso, pero en la minería del cobre de Riotinto este elemento minero se sustituyó en

Artículos

el año 1854, aunque ya en 1787 el ingeniero FRANCISCO ANGULO propuso la instalación del primer malacate o castillete con tracción animal (CARVAJAL GÓMEZ, D. J. y CARVAJAL QUIRÓS, J. M., 1998).

Otra novedad destacable desde el punto de vista minero y metalúrgico en la época romana imperial, es la producción de hierro, detectada en capas pequeñas de escorias de hierro en el escurial de Corta del Lago. Por el volumen reducido de escorias la producción sería escasa. Los minerales de hierro empleados en la fundición pudieron ser el gossan, los depósitos de limonita o bien algunos filones de hematites. Se emplearía en la fabricación de herramientas mineras.

Las herramientas mineras eran generalmente picos, punterolas y martillos de hierro, que se afilaban sobre piedras de arenisca. El mineral se recogía con azadas en espuestas de esparto; las azadas se componían de dos piezas sujetas con tres remaches. Todos estos instrumentos han ido apareciendo en las galerías puestas al descubierto por los modernos trabajos mineros.

El desagüe se realizaba mediante socavones inclinados de forma descendente hacia la bocamina, situados por debajo de los de acceso y del nivel de inundación de la mina. Cuando la profundidad de las labores hacía imposible el uso del socavón de desagüe, se utilizaban una serie de ingenios mecánicos descritos con detalle por VITRUBIO. Los instrumentos más empleados fueron las norias, que trabajaban por parejas, de las que se encontraron bastantes ejemplares en el siglo XIX en

Santo Domingo (única de madera de encina), Tharsis y Riotinto², construidas con madera de pino y eje de bronce, para evitar la corrosión por las aguas ácidas de la mina. Otro sistema utilizado era el tornillo hidráulico o de ARQUÍMEDES que funciona como un tornillo sin fin, que se cree fue poco empleado en el cinturón ibérico de piritas, pues sólo se han encontrado dos ejemplares en el pozo San Juan de la mina Sotiel Coronada. También se utilizaba la polea de cangilones de cobre de 3,5 m³ de capacidad. El más ingenioso de todos era la bomba de CTESIBIO, capaz de elevar el agua a gran altura del que se encontró un ejemplar en el año 1889 en la mina de Sotiel Coronada, que hoy se encuentra en el Museo Arqueológico Nacional.

En la figura nº 3 se representa un compendio de los sistemas de desagüe, empleados por los romanos.

PÉREZ MACÍAS (1998, 209) comenta que la noria de Riotinto que se encuentra en el British Museum es anterior a la romanización, pues la cronología de la madera obtenida por la prueba del carbono 14 corresponde al siglo IV a.C., lo que nos indica la existencia de una tecnología propia de la zona aplicada al beneficio de los minerales.

En la figura nº 4 se representa un tornillo de ARQUÍMEDES encontrado en las antiguas minas de la Coronada.

² Según LUZÓN se hallaron 40 ejemplares.

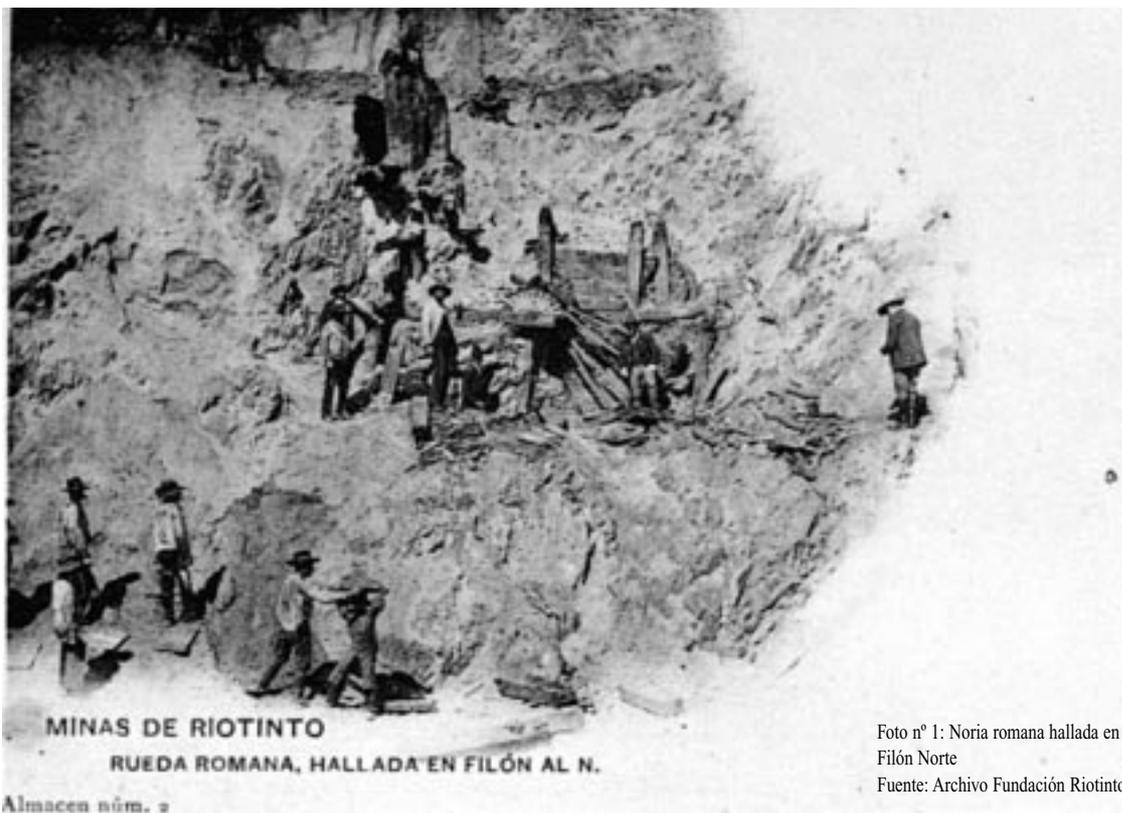


Foto nº 1: Noria romana hallada en Filón Norte
Fuente: Archivo Fundación Riotinto

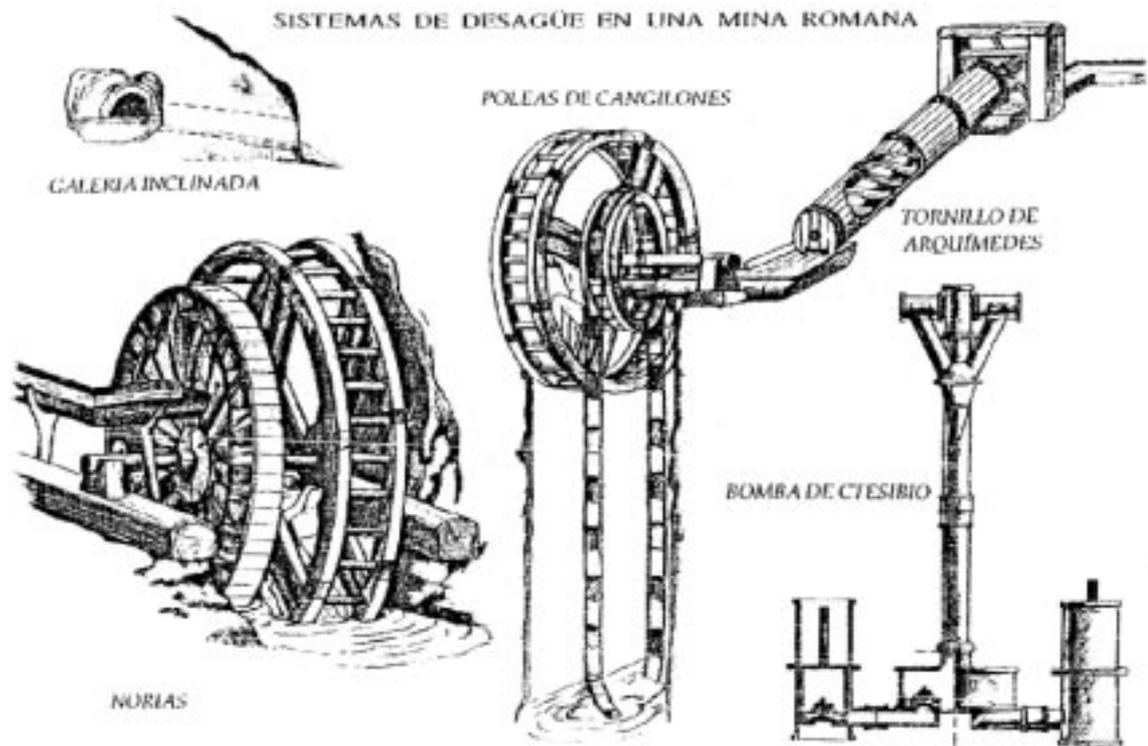


Fig. 3: Sistemas de desagüe en una mina romana
Fuente: DOMÍNGUEZ DOMÍNGUEZ, 1995, 219

En la figura nº 5 se recoge el alzado de un sistema de desagüe hallado en el Filón Sur (Riotinto).

La fotografía nº 1 recoge el momento en que se procedía a desmontar una de estas ruedas o norias encontrada en el filón Norte de Riotinto a principios del siglo XX.

La iluminación interior se realizaba por medio de pozos gemelos que ponían en contacto las galerías con el exterior, que iban siguiendo la dirección del yacimiento y que también servían para orientación en las galerías subterráneas, estas parejas se encontraban a poca distancia unas de otras, y por la luz de las lucernas de barro alimentadas con aceite (que también servían para medir el tiempo), colocadas en unos nichos abiertos en las paredes laterales de las galerías (lucernarios).

R.E. PALMER (1927) describe una labor romana situada en el Filón San Dionisio, constituida por cuatro socavones que seguían el curso de un barranco cuyas cotas eran 390; 376; 348; 320 metros sobre el nivel del mar, con longitudes de 100; 250; 600 y 925 metros respectivamente. Estaban conectadas a la superficie por pocillos, con secciones rectangulares en las zonas de menor competencia de la roca, que se encontraban entibadas, y circulares en el resto, aunque siempre de reducidas

dimensiones, de poco más de un metro de diámetro. El socavón mayor estaba atravesado por 29 pocillos, alcanzando el de mayor profundidad los 84 metros, siendo la distancia máxima entre pocillos de 24 metros y la mínima de 15 metros. También describe algunas galerías entibadas, con madera de encina y alcornoque, de la zona de Pozos Amargos.

La figura nº 6 recoge varias secciones de pozos y socavones romanos descubiertos en Riotinto.

La Figura nº 7 corresponde a un plano de los trabajos antiguos de las minas de Riotinto.

Se deduce de los enormes depósitos de escorias y la cantidad de carbón necesario para producirlas, que las minas del Suroeste no fueron explotadas por compañías particulares o arrendatarios, sino como monopolio estatal, a cuyo frente se encontraba el Procurator Metallorum, que en los casos que se conoce, fue siempre un liberto imperial, generalmente de origen oriental. Las funciones de estos procuradores serían fiscales y relativas a la organización y control técnico de las minas (FERNÁNDEZ POSSE et. al., 1996, 85).

Para la salida del cobre y la plata, se ofrecían dos alternativas, una partiendo desde Riotinto con dirección hacia Sevilla y desde aquí a la desembocadura

TORNILLO DE ARQUIMEDES
Hallado en los labores antiguos de las minas de
La Coronada

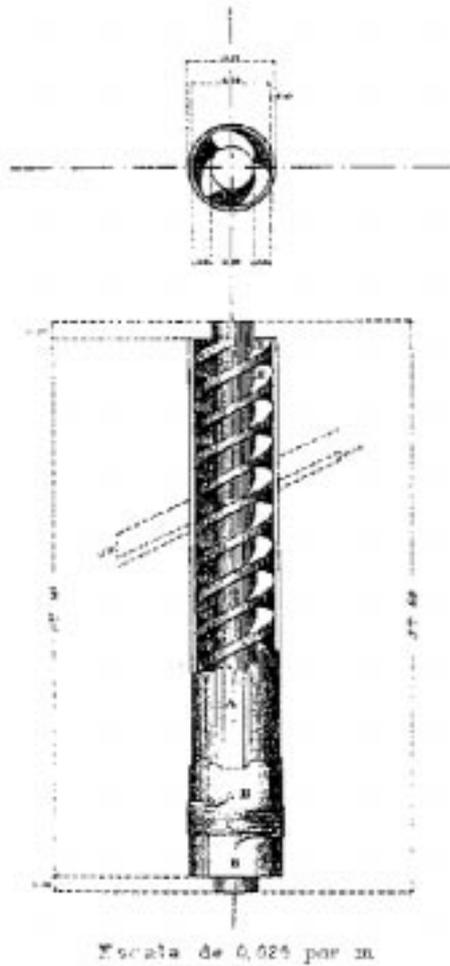


Fig. 4: Tornillo de ARQUÍMEDES
Fuente: GONZALO TARÍN, 1888, T. II, lámina nº 2

del Guadalquivir, un camino de enormes dificultades por lo montañoso de la zona que atraviesa, y otra desde Riotinto hacia Niebla, siguiendo el curso del río Tinto, para desde aquí y dada la navegabilidad del río, alcanzar el puerto atlántico de Huelva. LUZÓN se decanta por esta segunda alternativa dado su menor recorrido y la existencia de un embarcadero romano en Niebla.

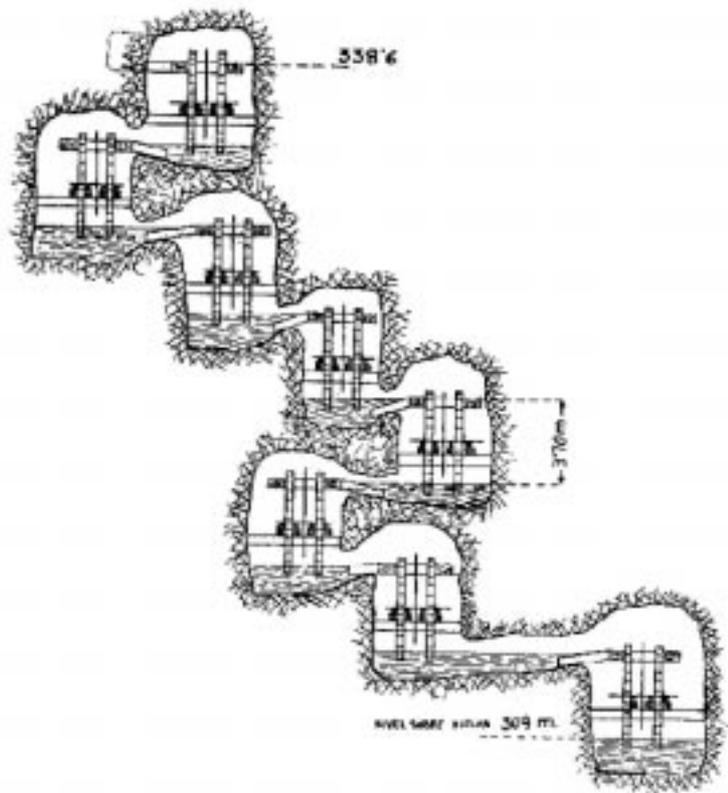


Fig. 5: Esquema de la colocación de norias romanas descubiertas de 1919 a 1921, en el Filón Sur (Riotinto)
Fuente: PALMER, 1927, 303

CONCLUSIONES

Debemos destacar el alto nivel tecnológico de los romanos, como geólogos, mineros y metalúrgicos, prácticamente no existe ningún indicio o yacimiento minero de la provincia de Huelva que no haya sido investigado, o explotado y beneficiado por ellos, sin brújula para la orientación de las galerías, sin maquinaria, sin explosivos tan necesarios para vencer la dureza de las rocas y sin horno alto para el beneficio de los minerales.

La actividad minera de los romanos en Riotinto fue realmente intensa, como demuestran los inmensos escombros (nueve millones de toneladas), en su mayor parte romanos, los más de 1.000 pozos, distribuidos por parejas y los 13 socavones, que existían en la década de 1870 en Riotinto. ☉

Artículos

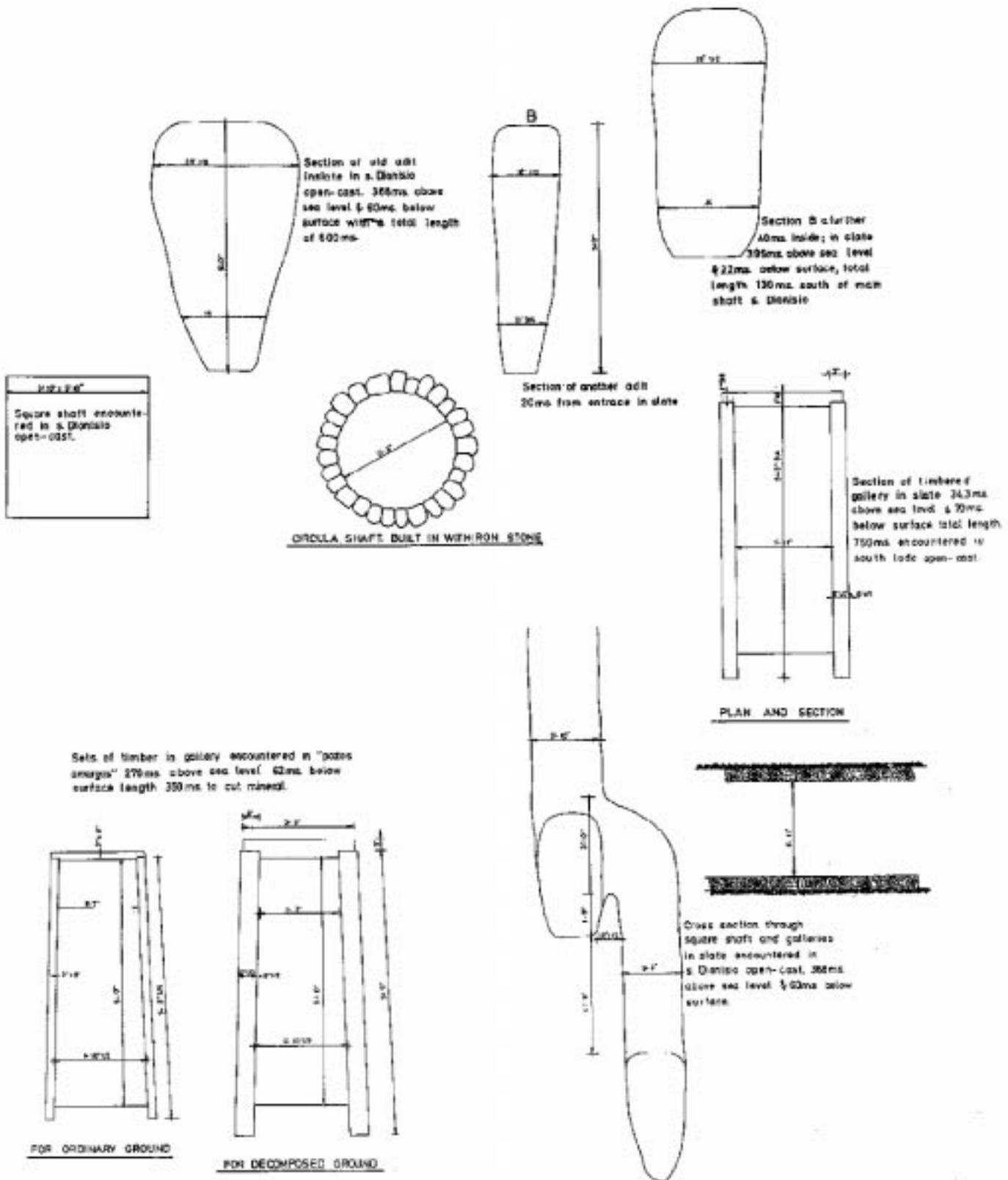


Fig. 6: Varias secciones de pozos y socavones romanos descubiertos en Riotinto
Fuente: FLORES CABALLERO, 1981, 72

ANCIENT WORKINGS AT RIO TINTO MINES

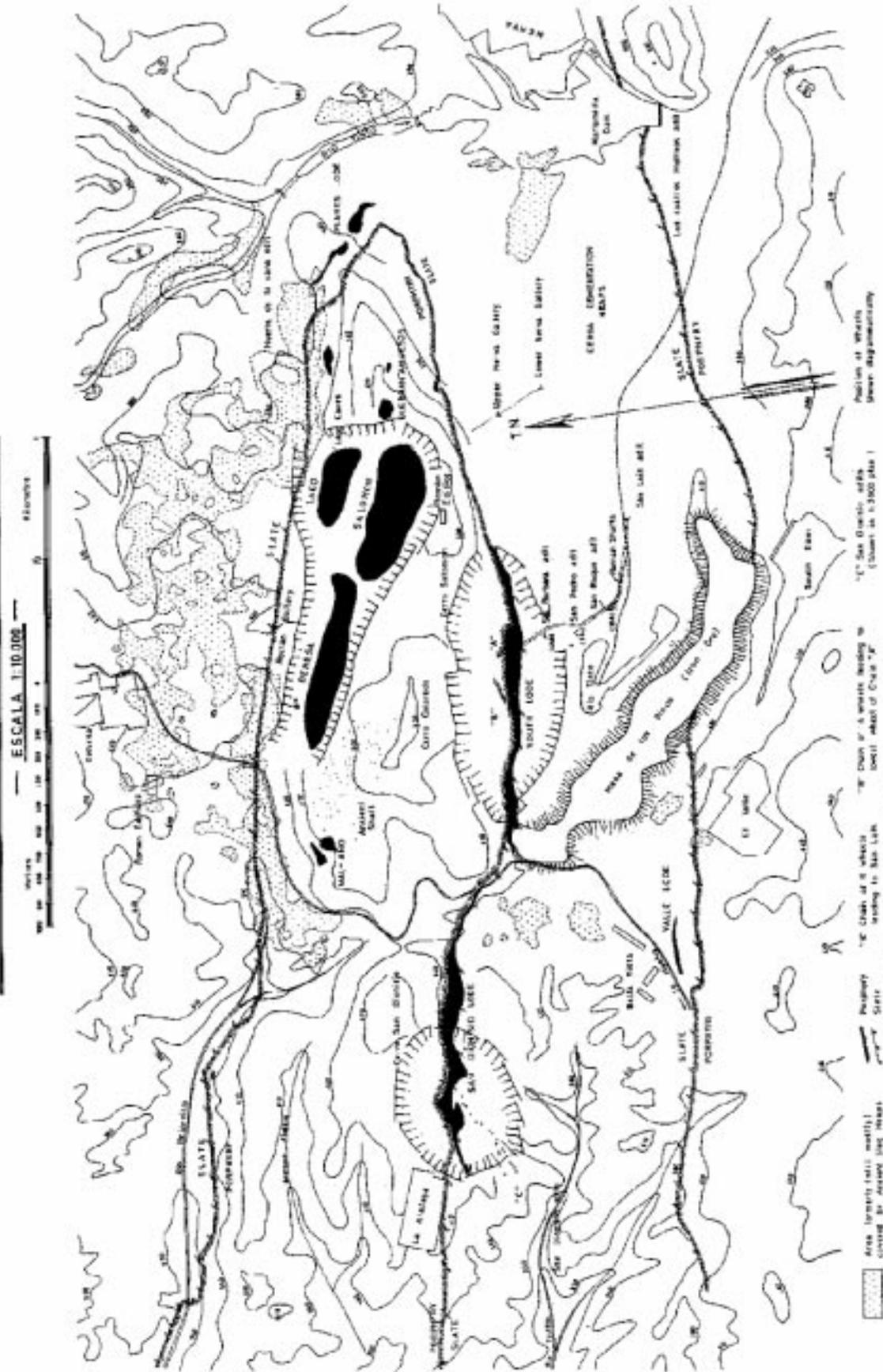


Fig. 7: Trabajos en las minas de Riotinto. Fuente: FLORES CABALLERO, 1981, 60

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilero Collado, E. 2000. Un modelo de antropización del territorio. La explotación minera de Riotinto en época romana. *III Sesión Científica de la Sociedad Española para la Defensa del Patrimonio Geológico y Minero*. Huelva.
- Allan, J. C. 1968. The accumulations of ancient slag in the south-west of the Iberian Peninsula". *Bulletin of the Historical Metallurgy*. Group 2-1. London.
- Allan, J. C. 1970. *Considerations on the antiquity of the mining in the Iberian Peninsula*. London.
- Álvarez, G. y Gómez, F. 1988. Cuevas de Lago. Minería extractiva antigua en Riotinto". *I Congreso Nacional de la Cuenca Minera de Riotinto*. Riotinto (Huelva).
- Amores Carredano, F. 1988. El yacimiento arqueológico de Cortalagos (Riotinto, Huelva). Datos para una síntesis. *I Congreso Nacional de la Cuenca Minera de Riotinto*. Riotinto (Huelva).
- Bachmann, H. G. 1982. *The identification of slag from archeological sites*. London.
- Blanco Freijeiro, A. 1984. Mineros y metalúrgicos primitivos en Huelva. *Investigación y Ciencia*, 90. Madrid.
- Blanco y Luzón. 1968. Pre-roman silver miners at Riotinto. *Antiquity*, 170. London.
- Blanco Freijeiro, A. y Rothenberg. 1981. *Exploración arqueometalúrgica de Huelva*. Barcelona.
- Carvajal, D. J. y Carvajal, J. M. 2000. Evolución histórica de los malacates mineros de la faja pirítica onubense. *III Sesión Científica de la Sociedad Española para la Defensa del Patrimonio Geológico y Minero*. Huelva.
- Davies, O. 1934. Roman and medieval mining technique. *Transactions of the Institution of Mining and Metallurgy*, Vol. XLIII. London.
- Dominguez Domínguez, C. 1995. *El parque minero de Riotinto*. Huelva.
- Elhuyar, F. 1854. Relación de las minas de cobre de Río-Tinto. *Revista Minera*, Tomo V. Madrid.
- Ezquerro del Bayo. 1850. *Sobre los escoriales de fundiciones antiguas de España y en particular de Río-Tinto y Cartagena*. Madrid.
- Fernández - Posse et al. 1996. *La memoria antigua desde la actualidad*. Huelva.
- Flores Caballero, M. 1981. *Las antiguas explotaciones de Riotinto*. Huelva.
- García Palomero, F. 1986. *Cubicación de las escorias de Riotinto. Trabajo inédito facilitado por el autor*. Huelva.
- Gómez de Salazar, I. 1870. Río Tinto. *Revista Minera*, Tomo XXI. Madrid.
- Gonzalo Tarín, J. 1888. *Descripción física, geológica y minera de la provincia de Huelva*. Madrid.
- Healy, J. F. 1979. *Mining and metallurgy in the greek and roman World*. London.
- Jones, B. 1980. The roman mines at Río Tinto. *Journal of Roman Studies*, LXX. London.
- Luzón, J. M. 1968. Los sistemas de desagüe en las minas romanas del Suroeste peninsular. *Archivo Español de Arqueología*. Madrid.
- Luzón, J. M. 1970. Instrumentos mineros de la España Antigua. *VI Congreso Internacional de Minería*. León.
- Palmer, R. E. 1927. Notes on some ancient equipments and systems. *Transactions Institution of Mining and Metallurgy*, Vol. XXXVI. London.
- Pérez Macías, J. A. 1996. *Metalurgia extractiva pre-romana en Huelva*. Huelva.
- Pérez Macías, J. A. 1998. *Las minas de Huelva en la antigüedad*. Huelva.
- Pinedo Vara, I. 1963. *Piritas de Huelva, su historia, minería y aprovechamiento*. Madrid.
- Rambaud, F. 1963. Notas geológico-estructurales de la zona Norte de Riotinto (Huelva). *Estudios Geológicos*, Tomo XIX. Madrid.
- Rambaud, F. 1969. El sinclinal carbonífero de Riotinto (Huelva) y sus mineralizaciones asociadas. *Memorias del Instituto Geológico y Minero*, Tomo LXXI. Madrid.
- Rickardt, T. A. 1927. With the geologists in Spain. The Río Tinto Mines, roman slag and ancient mining implements. *Engineering and Mining Journal*, Vol. 124. London.
- Rickardt, T. A. 1928. The mining of the roman in Spain". *Journal Roman Studies*, Vol XVIII. London.
- Rostorzeft. 1973. *Historia Social y Económica del Imperio Romano*. Madrid.
- Salkield, L. U. 1970. Ancient slags in the South West of the Iberian Peninsula. *VI Congreso Internacional de Minería*. León.
- Salkield, L. U. 1987. *A technical history of the Riotinto mines: Some notes on exploitation from pre-phoenician times to the 1950s*. London.
- VV.AA. 1986. *La minería andaluza*. Madrid. Ed. Consejería de Economía y Fomento