

La Faja Pirítica Ibérica en época de Augusto

Aquilino DELGADO DOMÍNGUEZ

Museo Minero de Riotinto - Fundación Río Tinto
museomineroriotinto@telefonica.net

Macarena BUSTAMANTE ÁLVAREZ

Universidad Autónoma de Madrid
macarena.bustamante@uam.es

Artur MARTINS

Museu de Aljustrel
artur.martins@mun-aljustrel.pt

RESUMEN

La Faja Pirítica Ibérica es una de las provincias metalogenéticas con contenidos de metales más importantes del mundo con amplias reservas de zinc, cobre, plata y oro. Esta riqueza metálica fomentó desde época antigua su continua extracción. Será a partir de época de Augusto cuando se inicie la explotación de la mayoría de las minas que conocemos. También es ahora cuando comienza el beneficio de los filones cupríferos a gran escala. Del laboreo romano que se inicia en este período quedaron muchas evidencias: galerías, pozos, cámaras e ingenios de desagüe (como la bomba de Ctesibio, el tornillo de Arquímedes o la noria). Estos fueron hallados por los ingenieros de minas durante el siglo XIX e inicios de la centuria siguiente. Tendremos que esperar hasta la mitad del siglo pasado para ver las primeras investigaciones acordes a los principios modernos. Estas novedades permitieron aumentar el conocimiento de cómo se desarrolló la exploración y explotación de una zona minera tan extensa durante el gobierno del *Princeps*.

Palabras clave: Faja Pirítica Ibérica. Minería. Romana. Metalurgia. Cobre. Plata

The Iberian Pyrite Belt In Time of Augustus

ABSTRACT

The Iberian Pyrite Belt is one of the most outstanding ore provinces with major content of metals in the world with significant reserves of zinc, copper, silver and gold. This richness in metals determined its labour since ancient times. It was from Augustus age when the most of the mines were put in operation and began the exploitation of copper lodes in a large-scale. There are many evidences of Roman mining works: galleries, shafts, chambers and drainage apparatus (Ctesibius pump, Archimedes screw and water wheels). They were found by mining engineers in the 19th and early 20th century. We have to wait until the middle of the last century to find the earliest research with archaeological method developed. The result of these studies helped to improve the knowledge of how the exploration and exploitation of such a large mining area was developed during the reign of *Princeps*.

Key Words: Iberian Pyrite Belt. Roman. Mining. Metallurgy. Copper. Silver.

Sumario: 1. Geología. 2. Explotación y administración romana del cinturón ibérico de piritas en época augustea. 3. Laboreo minero y metalurgia en época augustea.

1. Geología

La Faja Pirítica Ibérica, parte central de la Zona Surportuguesa, está ubicada en el Suroeste de la Península Ibérica (**Fig. 1**). Es una de las provincias metalogenéticas más importantes del mundo y la mayor concentración de sulfuros masivos volcano-génicos de la corteza terrestre, de 15.000 a 20.000 toneladas de sulfuros masivos por hectárea.¹ Estos sulfuros contienen actualmente 34,9 toneladas de zinc; 14,6 millones de toneladas de cobre; 46.100 toneladas de plata y 880 toneladas de oro.²

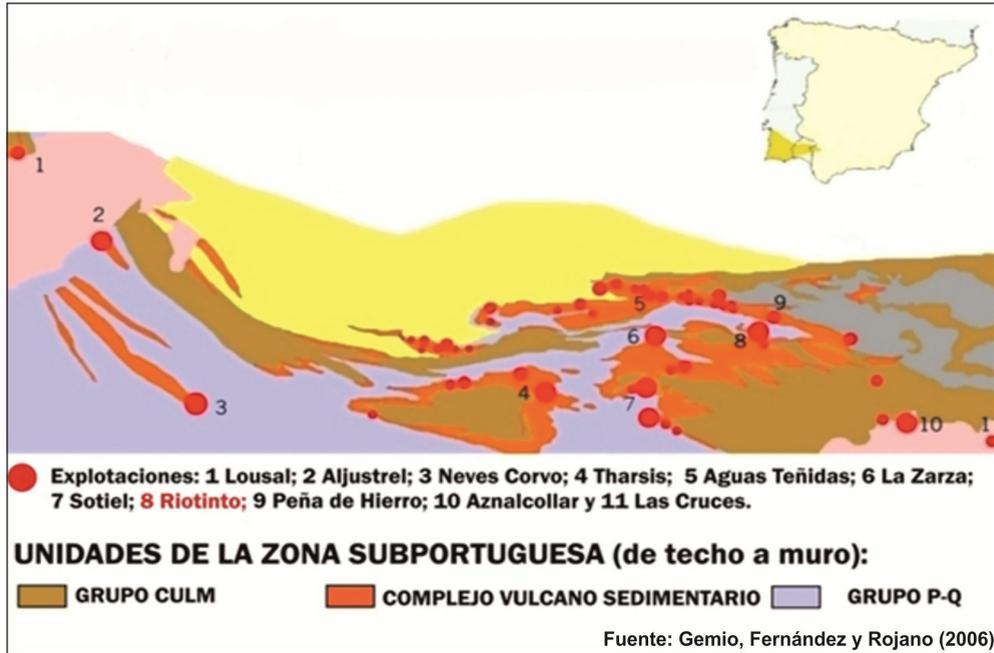


Fig. 1. Faja Pirítica Ibérica.

El Cinturón Ibérico de Piritas entre sus 82 minas, alberga 14 yacimientos de “clase mundial”, el 22% de todos los conocidos en la Tierra.³ De los que siete tienen más de 100 Mt: Tharsis (115 Mt); Aljustrel (189 Mt); Sotiel-Migollas (133 Mt); Aznalcollar (161); La Zarza (164 Mt); Neves Corvo (219 Mt); Riotinto (500 Mt de sulfuros masivos y 2000 Mt de Stockwork con baja ley de cobre).⁴ Además aparecen otros siete lugares con menos de 100 Mt y más de 30 Mt: Masa Valverde (92,3 Mt); Concepción (55,9 Mt.); Lousal (50 Mt); Las Cruces (42,7 Mt.); Aguas Teñidas (35,4 Mt);

¹ TORNOS ARROYO 2008, 14; ADAMIDES 2013, 2.

² ALMODOVAR *ET ALII* 1998, 11-136; LEISTEL *ET ALII* 1998, 59-81; SÁEZ *ET ALII* 1999, 549-570; CARVALHO *ET ALII* 1999, 375-408; TORNOS ARROYO 2006, 259-307; TORNOS ARROYO 2008, 14; ADAMIDES 2013, 2-15.

³ LAZNICKA 1999, 455-473.

⁴ MELLADO *ET ALII* 2006, 231.

La Romanera (34 Mt) y São Domingos (30 Mt). A los anteriores hay que añadir diez criaderos minerales de entre 10 Mt - 5Mt, 20 yacimientos entre 5Mt - 1Mt de mineral; 204 prospectos de mina con reservas menores de 1Mt y más de 300 yacimientos de manganeso.⁵

Buena parte de estos criaderos minerales fueron trabajados en época romana. Así sólo en cinco de las más de ochenta minas no se ha documentado trabajos mineros romanos: Neves Corvo y Lagoa Salgada en Portugal y Las Cruces, Los Frailes y Mina Magdalena en España, no habiéndose podido descubrir estos yacimientos hasta la segunda mitad del siglo XX con empleo de nuevos sistemas de prospección. Esto nos da idea de los amplios conocimientos de las masas minerales que debieron tener los prospectores romanos. En este sentido cabe destacar que durante buena parte del siglo XIX, que una posible mina tuviera labores romanas era un buen indicio para los geólogos e ingenieros de minas. En este sentido Pinedo Vara, en su magna obra sobre la minería onubense afirma: “Además, casi todas las minas contemporáneas fueron reconocidas por los romanos hasta el extremo que durante el siglo pasado el mejor signo externo, la más eficaz técnica para encontrar los criaderos, consistía en localizar algún socavón romano o labor semejante, pues siguiéndolo se llegaba con frecuencia a las buscadas mineralizaciones”.⁶

Las masas minerales generadas por vulcanismo submarino y la actividad hidrotermal fueron transformadas por dos factores que determinarán su estado actual. El primero, la deformación propiciada durante el varisco. El segundo, la alteración supergénica de los minerales que tras la orogenia alpina –que favoreció la erosión exponiendo los sulfuros a los agentes atmosféricos, principalmente el agua– propició la oxidación de los mismos, ayudando a los procesos posteriores de lixiviación y precipitación sobre los que volveremos. Esto explica que cada criadero incluya varias masas, dentro de una misma cuenca minera, tanto porque en origen fueran uno, disgregado durante el varisco, como parece que ocurrió en Riotinto⁷ o que su génesis hubiera sucedido en sub-cuencas independientes, como Neves Corvo. Cada una de esas masas o filones tienen mineralizaciones diferentes, pudiéndose beneficiar distintos metales en cada una de ellas. Así en Riotinto se explotó cobre en Filón Sur, Masa San Dionisio o Planes, mientras en Filón Norte se extrajo plata, como ocurrió en otros yacimientos como Tharsis, Cueva de la Mora o Sotiel Coronada. Pero a pesar de la similitud geológica y de poseer distintas masas, no en todos los criaderos se generó una zona de enriquecimiento secundario de plata, como en el caso de Aguas Teñidas, Vuelta Falsa o Aljustrel donde sólo se beneficiaron mineralizaciones cupríferas. Al igual que en otras minas, la ubicación de la zona de enriquecimiento supergénico y la presencia de mineralizaciones con leyes de plata susceptibles de ser beneficiadas determinaron que solo fueran explotadas para este fin como ocurrió en Buitrón en España o São Domingos (Portugal). (ver tabla 1).

⁵ MELLADO *ET ALII* 2006, 231.

⁶ PINEDO VARA 1963, 45.

⁷ TORNOS ARROYO 2008, 18.

Mina	Cobre	Plata
Aljustrel		
Aguas Teñidas		
Almagrera		
Aznalcóllar		
Barrancos de los Bueyes		
Cabezas del Pasto		
Cabezos Colorados		
Cala		
Campanario		
Buitrón		
Cibeles		
Concepción		
Cueva de la Mora		
Herrerías		
Chaparrita		
Descamisada		
Dolores		
El Carpio		
Confesionarios		
Lagunazo		
La Lapilla		
La Ratera		
Lomero y Poyatos		
La Mimbrera		
Monterrubio		
Peña de Hierro		
Poderosa		
Prado Vicioso		
Riotinto		
San Cristóbal		
San Platón		
San Eduardo		
San Crispín		
San Miguel		
San Telmo		
São Domingos		
Segundorealejo - San Fernando		
Sierra de Tejada		

Silillos		
Sotiel Coronada		
Sultana		
Tharsis		
Umbria de Palomino		
Valdehiguera		
Vuelta Falsa		
Vulcano		
Zarza		

Tabla 1: Metales extraídos en las principales minas de la Faja Pirítica a partir de época Augustea. Metales: BLANCO – ROTHENBERG 1981, DOMERGUE 1990; Domergue 2011; PÉREZ MACÍAS 1998; PÉREZ MACÍAS 2002; PÉREZ – DELGADO 2011a y elaboración propia.

La exposición sub-aérea y la acción del agua, que al contacto con las mineralizaciones superficiales se acidificó, determinó la aparición de una montera ferruginosa o gossan. En esta zona de oxidación los agentes metamórficos lixiviaron algunos de los metales que contenían, como ocurrió con la plata, mientras que otros fueron insolubles como el hierro o el plomo que ni bajo la forma de cerusita o anglesita forman sulfuros secundarios de plomo. La plata fue precipitada en la parte inferior del gossan que en condiciones de un pH bajo dio lugar a una zona de enriquecimiento con cantidades anómalas de este metal precioso de 100 a 500 grm/Tn.⁸ Esto generó minerales de neo formación, terrosos de coloraciones amarillentas, rojizas, grises y negras, siendo la más conocida la jarosita (**Fig. 2**), mineralización cuya posición fue relacionada con la ubicación de las labores romanas por el geólogo Williams.⁹ Desde entonces se ha venido considerando que esta mineralización fue la principal mena para la obtención de plata en época antigua. Los estudios realizados en los últimos años han demostrado que no es la única explicación y que la zona con mayor contenido en plata es la parte inferior de la montera ferruginosa, conocida como gossan jarosítico,¹⁰ con leyes más altas en plata, que la zona de enriquecimiento jarosítico (**Fig. 2**). La profundidad del gossan y la zona enriquecida en plata infra yacente variaba de seis a catorce metros, siendo esa la cota a la que bajaron las labores mineras romanas que buscaban extraer este metal precioso.

En la zona de oxidación de la montera ferruginosa se produjo un aumento de la ley de oro, pues este metal fue liberado en pequeñas partículas generadas durante el proceso de oxidación. La cantidad media de oro era de 0.3 a 3,8 gramos por tonelada. Aunque se pudiera pensar en una explotación de este metal en época antigua, técnicamente no pudo beneficiarse hasta la introducción del proceso de cianuración Merrill-Crowe en 1967. También hay que señalar que Rio Tinto Co. Ltd. procesó durante el período comprendido entre 1937-1943, 1.345.979 toneladas de gossan de

⁸ FERNÁNDEZ-POSSE – SÁNCHEZ 1996, 76.

⁹ WILLIAMS 1950, 7-10.

¹⁰ PÉREZ – DELGADO 2007b, 10.

Filón Norte por carbono activado en el concentrador, obteniéndose 2.040 kilogramos de oro y 8.935 kilogramos de plata.¹¹ Este beneficio apenas pudo cubrir los gastos de producción y sólo se realizó porque en un período de crisis a nivel mundial, el alza del precio de los metales preciosos lo hizo rentable durante un corto lapso de tiempo. Esto hace que no se pueda sostener la extracción de oro partiendo de procesar la montera de ferruginosa hasta época contemporánea cuando se dispuso de la tecnología que lo hizo posible de forma rentable.



Fig. 2. Minerales.

Los minerales cupríferos contenidos en los criaderos fueron lixiviados por las aguas ácidas y precipitados en la zona de enriquecimiento supergénico, ubicada en las cercanías del nivel freático, en forma de mineralizaciones secundarias con leyes altas de cobre y zinc (covellina, calcosina, tetraedrita) (**Fig. 2**).¹² La ubicación de estas mineralizaciones de cobre se da a profundidades mayores de treinta metros, documentándose a más de 300 metros, aunque la cota normal sea a 150 metros.¹³ Esto llevó a que en época romana se tuvieran que emplear distintos sistemas de drenaje: bomba de Ctesibio, cóclea, poleas de cangilones y norias.¹⁴ Estas últimas fueron las más utilizadas en la Faja Pirítica, donde se han hallado 73 *rotae aquariae* de las 126 documentadas para todo el Imperio romano.¹⁵

Por último hay que señalar que existen en el Cinturón Ibérico de Piritas mineralizaciones que tienen plomo, metal necesario para el desarrollo de las operaciones pirometalúrgicas romanas destinadas a la obtención de plata. La cantidad que contienen de este metal, por lo general, es insuficiente para ser beneficiados sin un aporte extra del mismo.

¹¹ MORENO BOLAÑOS 2011, 769-770.

¹² PÉREZ MACÍAS 2008, 13-23.

¹³ WILLIAMS 1934, 634.

¹⁴ LUZÓN 1968, 101-120.

¹⁵ DELGADO – REGALADO 2010, 659-676; DELGADO *ET ALII* 2013, 275-284.

2. Explotación y administración romana del cinturón ibérico de piritas en época augustea

En el Faja Piritica Ibérica los trabajos mineros metalúrgicos, desde el II milenio a. C. hasta mediados del I milenio a.C., estuvieron centrados en la explotación de masas argentíferas.¹⁶ A pesar de ello también habría que reseñar que en algunos criaderos como en Monte Romero (Almonaster la Real) se ha documentado el beneficio de mineralizaciones para la obtención de plata y cobre en el mismo yacimiento.¹⁷

Tras la conquista romana no se aprecian cambios en la explotación minera de la Faja Piritica, estando centrada la actividad en los distritos del SE como Linares – La Carolina y la zona murciana (Cartagena, Bahía de Portmán, Mazarrón).¹⁸ Esto está documentado con las numerosas referencias en las fuentes para época republicana, que contrastan con la falta de las mismas para el SO, zona para la que apenas contamos con documentación arqueológica.

Riotinto es la única mina donde se ha documentado una producción minera y metalúrgica significativa desde el comienzo de la presencia romana.¹⁹ A esto se le une el hecho de que en la estratigrafía de Cortalago se hallaron escorias de placas (**Fig. 3**), ánforas Dressel 1-A y cerámica campaniense. La producción estuvo centrada en la explotación de las mineralizaciones argentíferas para el beneficio de plata, siendo una continuación del laboreo minero de época bárcida.²⁰



Escoria de placa, tardorepublicana
Tharsis, Foto Pérez Macías



Speiss o Metal Blanquillo
Museo Minero
Foto ADD



Escoria de sangrado, alto-imperial
Riotinto, Foto Pérez Macías

Fig. 3. Escorias.

El otro criadero, donde se ha documentado la presencia de escorias de placas y cerámica republicana, es la Umbría de Palomino, (Aracena), cuya producción no llegó a época imperial.²¹ Aquí se halló por primera vez un lingote de plomo en el escorial.²² Esto último trae a colación un elemento básico para las operaciones pirometalúrgicas, el plomo. Así los estudios arqueometalúrgicos sobre plomo isótopo han permitido

¹⁶ PÉREZ MACÍAS 1996, 171-211.

¹⁷ PÉREZ *ET ALII* 2013, 240-242.

¹⁸ DOMERGUE 1990, 179-196.

¹⁹ PÉREZ – DELGADO 2011a, 68-70.

²⁰ PÉREZ MACÍAS 1998, 209-210.

²¹ PÉREZ MACÍAS 1998, 93-94.

²² GÓNZALEZ FERNÁNDEZ 1989, 108-109.

poner de manifiesto que en los estratos más antiguos de la estratigrafía de Cortalago, el plomo empleado para el proceso de copelación provenía de mineralizaciones de la Cuenca Minera de Riotinto o de otras minas de la Faja Pirítica.²³ Para época republicana el plomo ya era importado.²⁴ Esto unido a la aparición de un nuevo tipo de fayalita, la escoria de placas (**Fig. 3**),²⁵ indican un cambio en la tecnología metalúrgica al comenzar a emplearse hornos de sangrado de mayor capacidad. Esto plantea la introducción de nuevas y mejoradas técnicas de fundición. Esto se da al emplear una mayor cantidad de plomo de la necesaria, con el fin de optimizar la recuperación de plata. Esta actuación implica una evolución en los conocimientos de los metalurgos romanos de época republicana. Además indica un cambio en las menas explotadas con respecto a épocas anteriores, quizás con leyes inferiores de plata como filones empobrecidos de plumbojarosita.²⁶

La numismática nos aporta información sobre el laboreo minero en época republicana en la Faja Pirítica. Para la zona de Riotinto se documentó que gran parte del circulante procedía de la ceca oficial de Roma,²⁷ lo cual ha sido interpretado como resultado de una gestión de forma directa, sin intermediarios.²⁸ En la zona de Sotiel Coronada predomina la moneda de Cástulo frente a la de Roma,²⁹ lo que ha llevado a pensar que fueran explotadas por *societates* como las que operaron en Sierra Morena o el SE.³⁰ Pero los datos arqueológicos que poseemos sobre esta última mina no permiten sostener una explotación minero-metalúrgica hasta la segunda mitad del siglo I a.C., época en la que siguieron en circulación las monedas republicanas. Además de en los tres criaderos señalados para el siglo II a.C. e inicios del s. I a.C. hay indicios de explotación minera en Umbría de las Cañas y en Aznalcóllar.³¹

Otras evidencias arqueológicas con las que contamos son la aparición de estructuras defensivas, el monetil plagado de simbología militar o el avituallamiento de piezas de origen itálico. Estos son algunos de los puntos a favor de una ocupación tardorrepublicana y primo-augustea orquestada por militares.³² La vajilla fina también será otro de los elementos fundamentales para formular nuevas hipótesis relacionadas con el carácter de la ocupación.

A día de hoy son muchas las evidencias que nos permiten hablar de los momentos tardorrepublicanos. Estos se pueden valorar gracias al hallazgo de dos “recintos torres” en zonas estratégicas de la faja pirítica, más concretamente en los denominados Castillejo-Riotinto³³ o Valpajoso-Villarasa.³⁴ Estos nos permite hablar de una posible red de *castella* por toda esta zona en momentos asociados a las guerras sertorianas

²³ CRADDOCK *ET ALII* 1985, 199-214.

²⁴ ANGUILANO *ET ALII* 2010, 274-275.

²⁵ PÉREZ MACÍAS 1998, 209-210.

²⁶ ANGUILANO *ET ALII* 2010, 210.

²⁷ CHAVES TRISTÁN 1986, 867-872.

²⁸ PÉREZ MACÍAS 1998, 213.

²⁹ CHAVES TRISTÁN 1988, 632-637.

³⁰ PÉREZ MACÍAS 1998, 213.

³¹ PÉREZ MACÍAS 1998, 210.

³² GARCÍA-BELLIDO 1994-1995, 210-218.

³³ PÉREZ MACÍAS – DELGADO 2011, 45-75.

³⁴ BUSTAMANTE *ET ALII* 2009, 45-75.

como puede ser el caso del Bajo Alemtejo y la comarca de la Serena. Aunque no es el lugar indicado, debemos advertir que existe un debate abierto sobre la naturaleza, cronología y función de estos enclaves, existiendo algunos trabajos de síntesis en los que ahondar sobre la problemática.³⁵

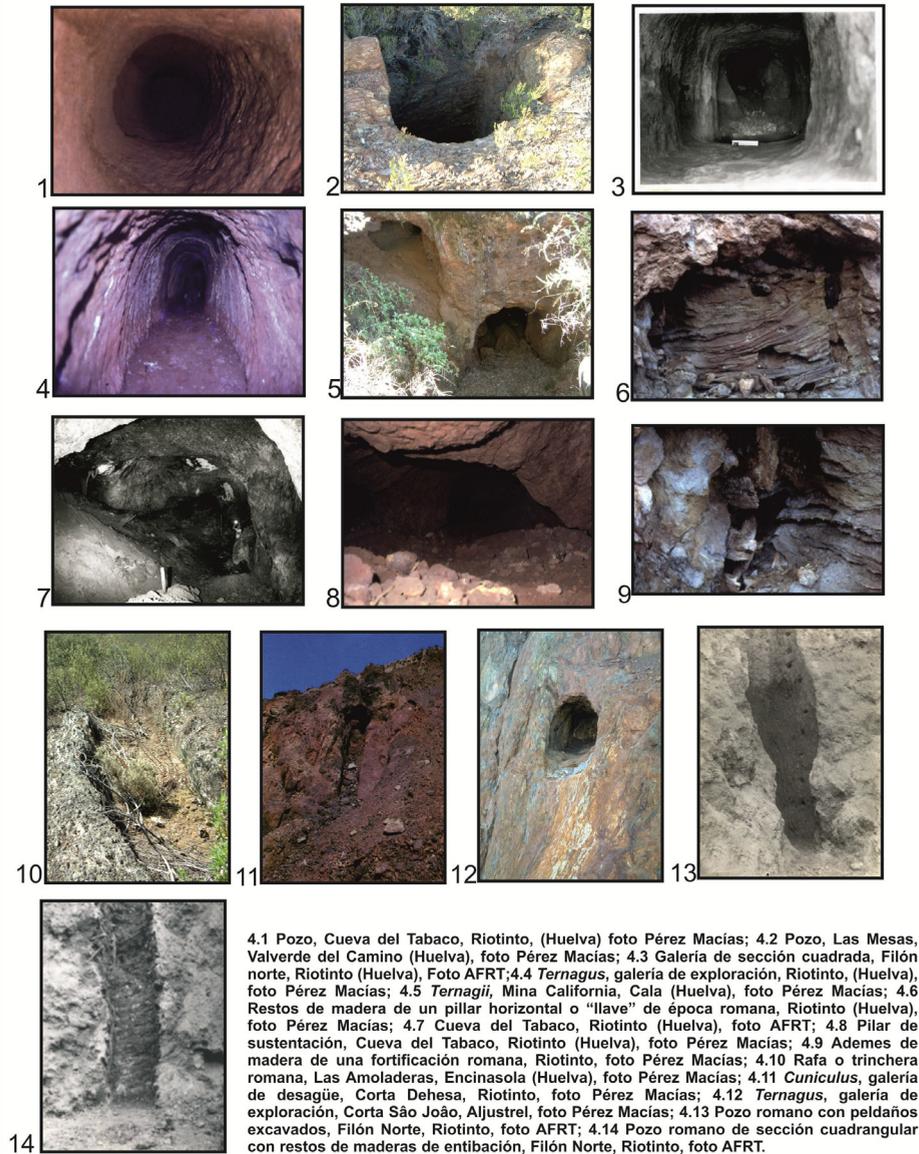


Fig. 4. Labores mineras romanas (pozos, galerías, cámaras o anchurones y “rafas” o trincheras).

³⁵ FABIÃO 1998, MATALOTO 2002, MORET 1995, ORTIZ – RODRÍGUEZ 1998, MORET – CHAPA 2004 o MAYORAL – CELESTINO 2010.

Estos dos recintos presentan imponentes estructuras con técnicas propias itálicas –caso del *o. africanus*– que diluyen la idea de ser habitaciones exclusivas de civiles. La ocupación militar por la que apostamos, además, viene forzada por la necesidad de control del recurso minero y por el patrón de productos cerámicos procedentes de la Península Itálica y del centro-Mediterráneo, ambos propios de ambientes militares. En el caso de Castillejo³⁶ y Valpajoso,³⁷ se han localizado superficialmente ánforas itálicas vinarias del tipo greco-itálicas de transición y Dr. 1a (**Fig. 5, nn. 1-4**); ánforas gaditanas del mismo tipo (**Fig. 5, nn. 5-7**); y T.9.1.1.1 (**Fig. 5, n. 8**); piezas centro-mediterráneas del tipo Mañá C2 y ánforas turdetanas de la serie 4 que nos hablan de grandes contenedores de productos de alto contenido calórico (vino y *salsamentas*) para una población militar ávida de este tipo de alimentos.³⁸

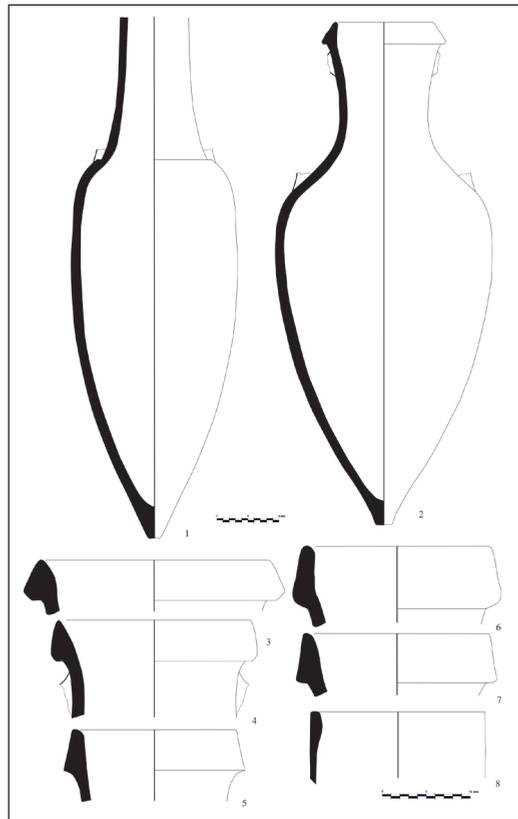


Fig. 5. Ánforas vinarias greco-itálicas de procedencia itálica (n.1-4) y del Círculo del Estrecho (nn. 5-7) y ánfora salsarea T.9.1.1.1 gaditana (n. 8) procedentes del yacimiento de Castillejo (a partir de PÉREZ – DELGADO 2011, fig. 6 y 8).

³⁶ PÉREZ MACÍAS – DELGADO 2011a, fig. 7.

³⁷ BUSTAMANTE *ET ALII* 2009, fig. 7 y 8.

³⁸ SALAS SELLES 2003, HERAS – BUSTAMANTE 2007.

Además de los recipientes localizados en estos espacios, en el propio asentamiento de Cortalago también hay niveles que apuntan a una ocupación y explotación de recursos en esos momentos, más concretamente los sectores RT19a y RT25.³⁹ En estos espacios, además de materiales datados en estas fechas (campaniense A, ánforas del Círculo del Estrecho o cerámicas pintadas), se pudieron analizar algunas escorias de plata que apuntaban de nuevo a esta cronología.⁴⁰

Este panorama tardorrepblicano (fines del II e inicios del I a.C.), que se percibe en la cuenca minera de Riotinto, parece no tener reflejo en el entorno de Aljustrel. Para el caso portugués únicamente hemos localizado dos evidencias cerámica que nos podrían acercar a estos momentos, como es un borde de ánfora greco-italica de transición⁴¹ y un fondo de campaniense C con decoración losángica⁴² que, aunque principalmente focalizadas en el siglo I a.C., no es raro encontrarlas en contextos posteriores. Quizás este vacío que poseemos en la parte lusa de la franja sea fruto de la escasa actividad arqueológica desarrollada en la zona, esperando que en un futuro se puedan ampliar los datos.

Junto a la técnica constructiva empleada, podemos afirmar que los elementos vasculares localizados, aparecen ampliamente y, casi en exclusividad, en espacios militarizados caso de la vajilla del no lejano campamento de Valdetorres.⁴³ Esta ocupación militar por la que apostamos cobrará más fuerza en época augustea, momento en el cual las evidencias se disparan, sobre todo en lo que se refiere a las sigilatas itálicas. Con todo ello, podemos decir que, aunque en un número muy sucinto, las evidencias con las que contamos nos permiten afirmar que la Faja Pirítica estuvo inserta plenamente en los circuitos locales, regionales e interprovinciales dándonos el inicio de una explotación que iría ascendiendo de manera vertiginosa.

Todos los datos que poseemos para época republicana permiten sostener que la mayoría de los criaderos no estaban en operación, quizás porque sus mineralizaciones eran más complejas que las que fueron explotadas en Sierra Morena o en el SE, como apunta el hecho de la necesidad de importar plomo para las labores metalúrgicas. A esto hay que unirle el hecho de que el territorio del Cinturón Ibérico de Piritas hasta la segunda mitad del siglo I a.C. no estuvo totalmente pacificado. Así se ha relacionado la presencia de tropas sertorianas en la Sierra de Huelva⁴⁴ con un intento de control y pacificación de la zona minera como una fuente de metales, frente a las poblaciones beturias que supondrían un foco de inestabilidad durante las guerras lusitanas y celtibéricas.⁴⁵

Las raíces del impulso de la actividad minera en la segunda mitad del siglo I a.C. hay que buscarlas en la labor de gobierno de César durante su *propraetura* en la Ulterior, a lo que debió contribuir también la política de atracción de la población indíge-

³⁹ PÉREZ MACÍAS – DELGADO 2011a, 58-68.

⁴⁰ CRADDOCK *ET ALII* 1985.

⁴¹ PÉREZ MACÍAS *ET ALII* 2012, fig. 83, 1.

⁴² PÉREZ MACÍAS *ET ALII* 2012, 245-246.

⁴³ HERAS – BUSTAMANTE 2007.

⁴⁴ CHIC GARCÍA 1981, 171.

⁴⁵ PÉREZ MACÍAS 1998, 210-212; PÉREZ – CAMPOS 2000-2001, 204-207.

na al eliminar los impuestos que Metelo instauró para los seguidores de Sertorio.⁴⁶ La gestión del *propraetor* en la ordenación del territorio queda patente en los *cognomina* cesarianos en todas las ciudades de la Baeturia Céltica⁴⁷ como: *Seria Fama Iulia* (Jérez de los Caballeros, Badajoz); *Nertóbriga Concordia Iulia* (Fregenal de la Sierra, Badajoz) o *Contributa Iulia Ugultana* (Medina de las Torres, Badajoz).⁴⁸

La estabilización del Cinturón Ibérico de Piritas debió de sentar las bases para atraer el capital de las *societates* que operaban hasta ese momento principalmente en el Sureste y Sierra Morena. En estas zonas los criaderos comenzaron a dar síntomas de agotamiento, por lo que debió hacerse perentorio la búsqueda de nuevas fuentes de metales, principalmente plata. Uno de los factores favorecedores de esta naciente etapa de estabilidad del SO fue el establecimiento de contingentes militares en zonas estratégicas, como en Santarém (*Praesidium Iulium*), Castelo de Lousa en el Guadiana o los *castella* situados en el curso bajo del mismo río.⁴⁹

El estudio del yacimiento del Morro de Mangancha (Aljustrel)⁵⁰ nos puede aportar datos sobre el papel del estado romano en los primeros momentos de explotación de la Faja Pirítica Ibérica. Este asentamiento de mayores dimensiones que los *castella*, presenta tipología militar como se constata por las estructuras de habitación (*contubernia*), el foso y varias líneas de terraplenes, con materiales cerámicos propios de los ámbitos militares.⁵¹ Mangancha está fuera del área mineralizada de Vipasca, por lo que no estaría relacionado con la actividad minera, siendo su función acuartelar las fuerzas de seguridad del coto minero y controlar el paso de los metales extraídos. Este yacimiento finalizará en época de Calígula o Claudio cuando Aljustrel estaba en plena operación.⁵²

Junto a lo anterior, el hallazgo de la inscripción *L. Vibi. Amaranti. PXXIS*⁵³ sobre un cangilón de una polea de cangilones, ha sido interpretado como el nombre del concesionario itálico a cargo de la explotación de ese criadero y, por ende, un dato que apunta a la presencia de estos en el SO peninsular. Además, para época augustea, tenemos conocimiento de que algunas minas pertenecían tanto a particulares, como el caso de Sexto Mario,⁵⁴ como a ciudades,⁵⁵ lo que nos lleva a postular que la iniciativa privada debió de jugar un papel nada desdeñable en la puesta en marcha del sector minero en el suroeste peninsular.

Los nuevos criaderos explorados y puestos en operación durante el gobierno del *Princeps* no serían administrados por manos privadas, sobre todo en un período de demanda de metales preciosos necesarios para la fabricación de monedas para pagar

⁴⁶ PÉREZ – DELGADO 2012, 57.

⁴⁷ PÉREZ MACÍAS 1998, 210-212; PÉREZ – CAMPOS 2000-2001, 206-208.

⁴⁸ CHIC GARCÍA 2007, 218-219.

⁴⁹ PÉREZ – DELGADO 2012, 57.

⁵⁰ DOMERGUE 1990, 295-306; PÉREZ ET ALII 2012, 281-297.

⁵¹ BUSTAMANTE Álvarez 2011, 113-142.

⁵² PÉREZ ET ALII 2012, 281-297.

⁵³ LUZÓN NOGUÉ 1968, 112.

⁵⁴ DOMERGUE 1990, 234-236.

⁵⁵ DOMERGUE 1990, 236-237.

sueldos y soldadas.⁵⁶ En este sentido traemos a colación la cita de Dión Casio, que nos informa que a inicios del gobierno del Augusto se fundieron las estatuas de plata hechas en su honor por sus partidarios para convertir el metal en moneda (Dión Casio, 53.22.3). La necesidad de metal está constatada también hacia el 10-9 a.C. cuando se detecta una disminución de las acuñaciones por un descenso en el suministro de metales amonedables.⁵⁷

Tenido en cuenta lo anterior fue necesaria la participación de Roma en la puesta en operación de todos los criaderos minerales, sentando las bases para la atracción de capitales privados que explotaron las riquezas metalíferas mediante concesiones mineras, aunque no podamos establecer actualmente el papel concreto que jugó el Estado y el sector privado. La administración de una zona minera de 10.400 km² con una gran cantidad de criaderos mineros se solventó convirtiéndola en *res fiscalis*; política similar a la desarrollada en las minas auríferas del noroeste peninsular. A esto hay que sumar el hecho de que el territorio del Cinturón Ibérico de Piritas, a partir del reparto realizado por el *Princeps* en el año 27 a.C., se encontró a caballo entre dos provincias: *Baetica* gestionada por el Senado, *Aerarium Saturni* (Dion Casio, 53.12.4) y *Lusitania* administrada directamente por el emperador.

Estos territorios mineros en cuestión, como apunta el profesor Chic, formaron parte de un *saltus* imperial.⁵⁸ Esto es grandes posesiones imperiales que se quedaron fuera de los procesos de municipalización, colonización y de los repartos de tierra. Estas posesiones fueron administradas por funcionarios imperiales, que a partir de época flavia aparecen en la epigrafía, como *procuratores metallorum* y cuya actividad y función aparece reflejada, para época adrianea, en los Bronces de Vipasca.⁵⁹ Este sistema de gestión debió tener su origen durante el gobierno de Augusto, aunque no hubieran aparecido las procuratelas.⁶⁰ Sin embargo, sí parece que participó del programa del *Princeps* en cuanto a la ordenación del territorio mediante enclaves ubicados en puntos estratégicos que ejercieron de cabezas de partido con funciones administrativas.⁶¹ Para el caso que nos ocupa serían los *vici* de Riotinto-Urium, Tharsis-Rubrae, y Aljustrel-Vipasca⁶² desde donde se articuló administrativamente la Faixa Piritosa a ambos lados de la raya. Estas poblaciones mineras fueron dotadas de todos los servicios necesarios para la vida cotidiana de los pobladores. La administración imperial sería quien se encargaría de asegurar el abastecimiento de alimentos desde la zona de la campiña para los productos agrícolas, la Sierra para los ganaderos y la costa para las conservas de pescado.⁶³ Desconocemos el urbanismo de los poblados mineros al no haberse realizado excavaciones en extensión en ningún de ellos. Las estructuras eran de una arquitectura pobre y la factura propiamente romana sólo se aprecia en el empleo de *tegulae* en las cubiertas. El ladrillo, escaso, sólo aparece

⁵⁶ PÉREZ – DELGADO e.p., 13.

⁵⁷ CHIC GARCÍA 2007, 218-219.

⁵⁸ CHIC GARCÍA 2008, 153-163.

⁵⁹ PÉREZ MACÍAS ET ALII 2012, 35-40.

⁶⁰ PÉREZ – DELGADO e.p., 13.

⁶¹ ROLDÁN HERVÁS 2013, 400.

⁶² PÉREZ ET ALII 2009, 60-64, PÉREZ – DELGADO 2012, 62-65.

⁶³ PÉREZ MACÍAS 2006, 90-112.

empleado en los pavimentos. La pizarra, la roca de caja de las mineralizaciones, es el material empleado en la construcción de paramentos, habiéndose documentado el empleo de escoria, como en Cortalago (Riotinto).⁶⁴ También hay que reseñar la aparición de edificios destinados al culto al emperador, como en el caso de Riotinto para época de Claudio.⁶⁵

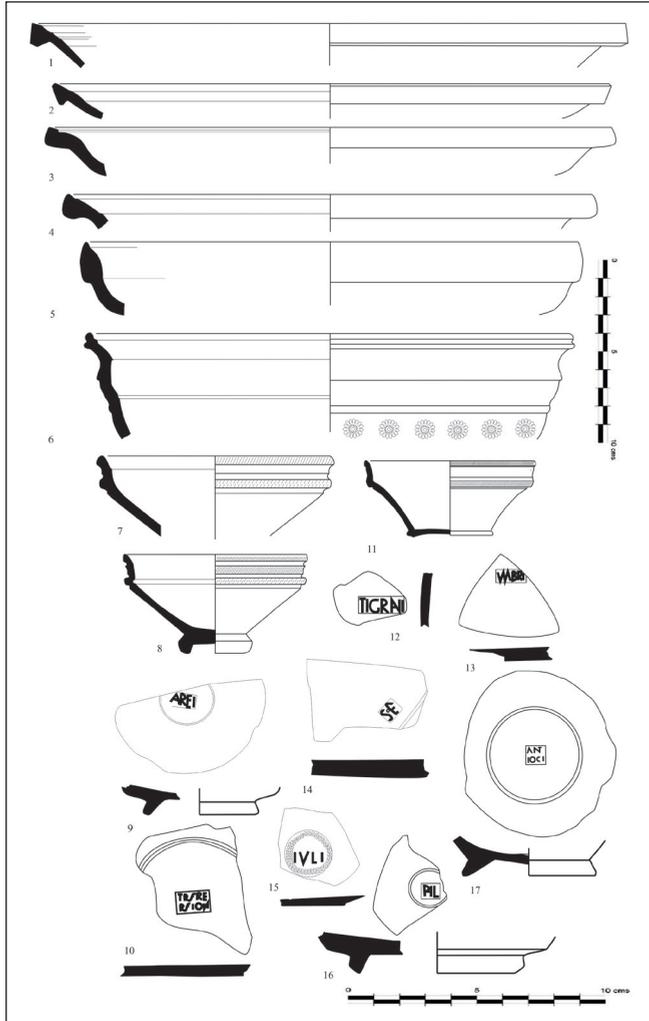


Fig. 6. Sigilatas itálicas localizadas en el Cerro del Moro, formas Consp. 11.1 (nn. 1-3), 12.1 (nn. 4-5), 22. 1 (nn. 7-8 y 11) y R. 1 (n. 6). Sellos de *Arretinum* (n. 9), *Rufrenus Rufius* (n. 10), *C. Triganus* (n. 12), *L. Umbricius* (n. 13), *SE* (n. 14), *M. Ivlius* (n. 15), *Philologus* (n. 16), *Antiochus* (n. 17) (a partir de PÉREZ – DELGADO 2007, fig. 3 y 4).

⁶⁴ PÉREZ ET ALII 2009, 58-64.

⁶⁵ PÉREZ ET ALII 2008, 302-340.

El yacimiento que mejor informa sobre la política de la época que nos ocupa es el Cerro del Moro (Nerva).⁶⁶ Este asentamiento, ubicado fuera de la zona minera propiamente dicha, no estuvo implicado en operaciones minero-metalúrgicas y fue coetáneo a Cortalago.⁶⁷ Presenta edificios de tipología castrense, tanto para albergar infantería como caballería, con paralelos en los campamentos militares.⁶⁸ En él se han encontrados elementos cerámicos que se repiten en otros yacimientos de la Faja Pirítica.⁶⁹

Uno de los grupos vasculares que en mayor número aparecen son las sigilatas itálicas procedentes en su mayoría del taller de Arezzo (**Fig. 6**).⁷⁰ El apogeo del comercio de sigilatas itálicas correspondería así a un período que podemos situar de forma preliminar entre el 25/20 a.C. y el 20/25 d.C., con una franja de máxima vitalidad entre el 10 a.C. y el 15 d.C. Hay que destacar, no obstante, que el abundante comercio de sigilata itálica insinúa unos gustos por el consumo cerámico muy relacionados con los asentamientos militares o las grandes ciudades hispanas, *Tarraco*, *Emporiae*, etc., porque suponen un nivel adquisitivo que en estos primeros momentos está reducido a ambientes comerciales militares de origen itálico (como por ejemplo los campamentos del norte de Hispania).⁷¹ De hecho si se compara con otros lugares, pongamos como ejemplo *Augusta Emerita*, se observa una mayor cantidad y calidad de piezas que nos hablaría de una zona plenamente inserta dentro de los circuitos comerciales y, sobre todo, indicaría un mimo especial ante un territorio que no se encuentra en la línea de costa y que, apriorísticamente, no tiene entidad administrativa. En relación a la vajilla fina también son interesantes los ejemplos de cerámicas de imitación tipo Peñaflo que nos aportan datos sobre desequilibrios en cuanto al nivel adquisitivo, pero siempre en número abismalmente inferior a las sigilatas itálicas.⁷²

El conjunto de ánforas del Cerro del Moro procede de los establecimientos alfareros de la Bahía de Cádiz y el valle del Guadalquivir, siendo las principales formas los tipos Haltern 70, Dr. 7-11, 9, 10, 12, Oberaden 83 y Lomba do Canho 67. El impulso que adquiere la economía de la Bética a partir de la segunda mitad del siglo I a.C., vinculado con las necesidades de abastecimiento del ejército y de los poblados de Sierra Morena, se hace factible en el Cerro del Moro. De igual modo el servicio vascular se completa con lucernas del tipo Dr. 4, Loeschcke III o Ricci G. Algunos de estos tipos gozaron de tantos adeptos entre el contingente militar que fueron producidas en las *figlinae* asentadas en los primeros campamentos norteños.⁷³ A esto le

⁶⁶ PÉREZ – DELGADO 2007, 150-147.

⁶⁷ LUZÓN – RUIZ 1970, 130-138; PÉREZ MACÍAS 1998, 108-140.

⁶⁸ PÉREZ – DELGADO 2007, 37-184.

⁶⁹ BUSTAMANTE ÁLVAREZ 2011, 113-142.

⁷⁰ PÉREZ – DELGADO 2007, fig. 3 y 4. Se destacan las formas *Consp.* 11 (fig. 6, nn. 1-3), 12 (fig. 6, nn. 4-5), 13, 14, 22 (fig. 6, nn. 7-8 y 11), R. 1 (fig. 6, n. 6), algunas de ellas selladas por los alfareros C. *Tigranus* (O.C.K. 2147) –fig. 6, n. 12-, *M. Perennius*, *Antiochus* (O.C.K. 205) –fig. 6, n. 17-, *Philologus* (O.C.K. 2449) –fig. 6, n. 16-, *Arretinus*, *L. Umbricius* (O.C.K. 2452) –fig. 6, n. 13-, *Eros*, *Rufrenus Rufius* (O.C.K. 1732) –fig. 6, n. 10-, *L. Tettius Samia*, *Arretinum* (O.C.K. 243) –fig. 6, n. 9-, *M. Iulius* (O.C.K. 998) –fig. 6, n. 15- o *SE* (fig. 6, n. 14), entre otros, que nos permiten hablar de una fuerte relación comercial con centro-italia.

⁷¹ MORILLO – GARCÍA MARCOS 2003.

⁷² BUSTAMANTE – HUGUET 2008, 305.

⁷³ MORILLO 2010, 167.

debemos unir algunos fragmentos de paredes finas foráneas, hecho normal si tenemos en cuenta que los talleres béticos en estos momentos se encontraban aún cerrados.⁷⁴ Destacar también cerámicas grises de tradición indígena así como ejemplos de pintadas turdetanas.

Por consiguiente, en época augustea asistimos a lo que podemos llamar una koiné comercial ceramológica con patrones de consumo similares a lo largo de toda la faja pirítica en los que se observa un fuerte mimo y para algunos, una manera de controlar a estos contingentes generándoles un vínculo psicológico y emocional.⁷⁵ Podemos decir que el Cerro del Moro como otros enclaves de la zona minera (Cortalago (Riotinto), Algares y Casa do Procurador (Aljustrel) o Tharsis) aumentaron espacialmente su extensión, lo que nos indica un mayor número de moradores, al ser destacamentos más amplios. Este aumento también se traduce en un volumen cerámico proporcionalmente mayor que los momentos precedentes y con una calidad extrema que apunta al nivel adquisitivo propio de clases pudientes.

Los hallazgos numismáticos del Cerro del Moro evidencian los contactos que Riotinto mantuvo con la capital de *Lusitania*, de la *Baetica* y con ciudades del valle de Guadalquivir.⁷⁶ Además se documentó numerario producido en otras zonas mineras de Sierra Morena, como *Castulo*, ceca que llega a imitarse⁷⁷ y de las que se halló un tesoro en el yacimiento que nos ocupa. Durante las intervenciones arqueológicas realizadas en el Cerro del Moro se localizó un pequeño escorial donde se documentó la presencia de metal blanquillo (ver figura 3),⁷⁸ lo cual se ha venido interpretando como la constatación de la presencia de metalurgos foráneos que estaban ensayando el beneficio de mineralizaciones más complejas pero con mayores leyes en metales.⁷⁹ El Cerro del Moro fue un poblado creado por el poder imperial que utilizó al ejército y técnicos procedentes de otras cuencas mineras para explotar los criaderos minerales del SO peninsular.⁸⁰ Éste sería la sede administrativa del *Metalla Uriensia*, el centro desde donde operarían las tropas encargadas de la seguridad, tanto del coto minero como del transporte de los metales.⁸¹ El sitio donde se recibirían los abastos necesarios para el desarrollo de las operaciones y se distribuirían posteriormente.⁸²

La eficacia de este sistema se extendió al Cinturón Ibérico de Piritas. Sin embargo, se aprecia en Riotinto con más claridad gracias a una mayor cantidad de datos por los estudios sistemáticos realizados desde 1967 hasta la actualidad. Así, desde la época del *Princeps* se documenta la producción de cobre en Riotinto por primera vez,⁸³ que unida a la producción de plata, hicieron de este criadero el más importante del Imperio. Esto viene apuntado por las más de 16.000.000 toneladas de escoria romana y

⁷⁴ LÓPEZ MULLOR 2008, 368.

⁷⁵ MORILLO – GARCÍA-MARCOS 2003, 303.

⁷⁶ PÉREZ – DELGADO 2007, 95-104; DE LA HOZ MONTROYA 2011, 143-170.

⁷⁷ CHAVES TRISTÁN 1986, 868-872.

⁷⁸ CRADDOCK *ET ALII* 1987, 199-214.

⁷⁹ PÉREZ – DELGADO 2007b, 12-15.

⁸⁰ PÉREZ – DELGADO 2012, 58-59.

⁸¹ PÉREZ – DELGADO 2007, 136-147.

⁸² GIMENO – STYLOW 2007, 227-234.

⁸³ BLANCO – ROTHENBERG 1981, 111 y 173; BLANCO FREIJEIRO 1984, 108; PÉREZ MACÍAS 1998, 211.

el plomo isótopo hallado en el hielo fósil en Groenlandia que indica que entre el 150 a.C. y el 50 d.C. el 70% de los metales operados metalúrgicamente procedían de la cuenca minera de Riotinto.⁸⁴

3. Laboreo minero y metalurgia en época augustea.

Las labores mineras romanas empleadas en los distintos criaderos del Cinturón Ibérico de Piratas las conocemos en buena parte por los trabajos de los ingenieros de mina que las inspeccionaron y entraron en ellas para poder ponerlas en operación (Elhuyar, Ezquerria del Bayo, Anciola y Cossio; Rúa Figueroa, Casiano del Prado, Reiken, Deligny y Gonzalo y Tarín).⁸⁵ La presencia de trabajos romanos en cualquiera de las minas era indicativo de que el mineral tenía unas leyes de cobre o plata beneficiables, en este sentido Isidro Pinedo afirmó: “lo que dejaban los romanos sin extraer, por considerarlo entonces como hueso económicamente irroible para su metalurgia, es hoy un manjar de primera calidad” añadiendo “poco tendrían que hacer las generaciones contemporáneas donde hubieran estado los romanos si los límites de leyes considerados beneficiables hubieran sido los mismos”.⁸⁶

Esta referencia nos pone de manifiesto la efectividad del laboreo minero romano que se desarrolló en la mayoría de los criaderos a partir de época augustea. La tecnología de origen helenístico, introducida en época púnica, fue implementada en época romana, como se documentó en Riotinto.⁸⁷ Esto permitió la explotación de mineralizaciones a mayores profundidades, dando lugar a un sistema de laboreo minero denominado de Pozo y Galería,⁸⁸ que será empleado desde época antigua hasta principios del siglo XIX. Los tipos de trabajos los podemos dividir en cuatro: pozo, galería, cámara y rafa. Antes de pasar a tratarlos creemos necesario señalar que si bien los pozos y las galerías de pequeño tamaño han sido definidos como las labores más típicamente romanas, estos son trabajos de exploración o control de leyes no de extracción.⁸⁹ El pozo o *puteus* (**Fig. 4**) es la excavación vertical de sección generalmente circular, empleada para llegar a la mineralización desde la superficie, partiendo de la cual mediante galerías se exploró tanto la zona de enriquecimiento bajo la montera de oxidación con leyes altas de plata como la parte de enriquecimiento supergénico donde se hallaban los minerales cobrizos.⁹⁰

Partiendo de los pozos también se subió a la superficie el mineral extraído en espuestas mineras. El caso mejor conocido es el documentado en Aljustrel por Abel Viana, donde el pozo de sección cuadrangular entibado con tablazón de madera, estaba dotado de cuatro tornos que subían el mineral desde los niveles inferiores.⁹¹ Restos

⁸⁴ ROSMAN *ET ALII* 1997, 3413-3416.

⁸⁵ PÉREZ – DELGADO 2011b, 87-104.

⁸⁶ PINEDO VARA 1963, 46.

⁸⁷ PÉREZ MACÍAS 1998, 210-211.

⁸⁸ PÉREZ – DELGADO 2011c, 8-13.

⁸⁹ PÉREZ – DELGADO 2011c, 7-14.

⁹⁰ PÉREZ – DELGADO 2011c, 8-13.

⁹¹ VIANA *ET ALII* 1954, 5-26.

de este tipo de pozo de sección cuadrangular fortificado, para que el trecheo de las espuestas al ser ascendidas no afectaran a la estabilidad de las paredes, han sido hallados en otras minas del Suroeste como Riotinto (**Fig. 4**).⁹² Además de los verticales han sido documentados pozos inclinados, que conformaron un plano inclinado que facilitó las labores de entrada y salida tanto de operarios como del mineral extraído.⁹³

El acceso de los trabajadores a las zonas de labor de contramina sería otra de las funciones de los pozos. En ese sentido en Filón Norte en Riotinto se ha documentado un pozo con los peldaños excavados (**Fig. 4**),⁹⁴ por el que bajarían o subirían los mineros apoyando la espalda en el pozo o ayudados por cuerdas, como está constatado en Riotinto en el siglo XVIII. En la mina de Cala se documentó una escalera de caracol excavada que llevaba hasta la mineralización.⁹⁵ La ventilación es otra de las funciones de los pozos (*spiramina*). Así por medio de estas aberturas el aire limpio entraría en la contramina, mejorando las condiciones de trabajo, entre las que no hay que olvidar la disipación del calor, producido por la descomposición de los sulfuros al contacto con el aire. En cuanto a las dimensiones de los pozos que conocemos, los más abundantes son los de boca pequeña, denominados “pocillos”, con unos diámetros de entre 70 a 90 cm de diámetro medio,⁹⁶ con profundidades medias de 20 metros. Tampoco son extraños los de más de 85 metros.⁹⁷ Los pozos de mayores dimensiones apenas han sido documentados por ser en buena parte por donde se accedió a las mineralizaciones desde el siglo XVIII.

El hallazgo en algunas minas de una gran cantidad de pozos, como Cabezas del Pasto (Puebla de Guzmán, Huelva)⁹⁸ o Cerro Colorado en Riotinto (**Fig. 7**), apunta a otras funciones relacionadas con el avance de los trabajos mineros, como una rudimentaria estación topográfica y la administración del *metallum*. Así R. E. Palmer, ingeniero británico, documentó en los años veinte del pasado siglo la gran acumulación de pozos existentes en Filón Norte y Cerro Colorado, que no cumplían con las funciones referidas.⁹⁹ Trabajos recientes han propuesto que estos pozos estarían relacionados con la delimitación de las concesiones mineras desde la superficie. Los *putei* serían la base de la gestión del coto minero, al permitir a la administración imperial dividir el *metallum* y asignar al *colonus* la concesión minera mediante un contrato de arrendamiento,¹⁰⁰ como conocemos para época adrianea por los bronceos de Vipasca.¹⁰¹ La galería (**Fig. 4**) permitiría la labor horizontal, desde donde se accedería partiendo de los pozos o de las laderas a la mineralización.¹⁰² Los de pequeño formato, los más comunes, son de menos de un metro de diámetro, tanto de sección

⁹² LUZÓN NOGUÉ 1970, 226-227.

⁹³ PÉREZ – DELGADO 2011c, 8-13.

⁹⁴ LUZÓN NOGUÉ 1970, 228.

⁹⁵ LUZÓN NOGUÉ 1970, 228.

⁹⁶ WILLIES 1997, 9-10.

⁹⁷ PALMER 1926-1927, 313.

⁹⁸ GONZALO Y TARÍN 1888, vol. II, lám. 35.

⁹⁹ PALMER 1926-1927, 330-336.

¹⁰⁰ PÉREZ – DELGADO e.p., 5.

¹⁰¹ PÉREZ ET ALII 2012, 35-40.

¹⁰² CAUET ET ALII 2004, 32-60.

circular como cuadrangular, en los que se entraba y se trabajaba de rodillas. Es característica de estas labores la presencia de lucernarios a distancias regulares donde se dispusieron las lamparillas de aceite.

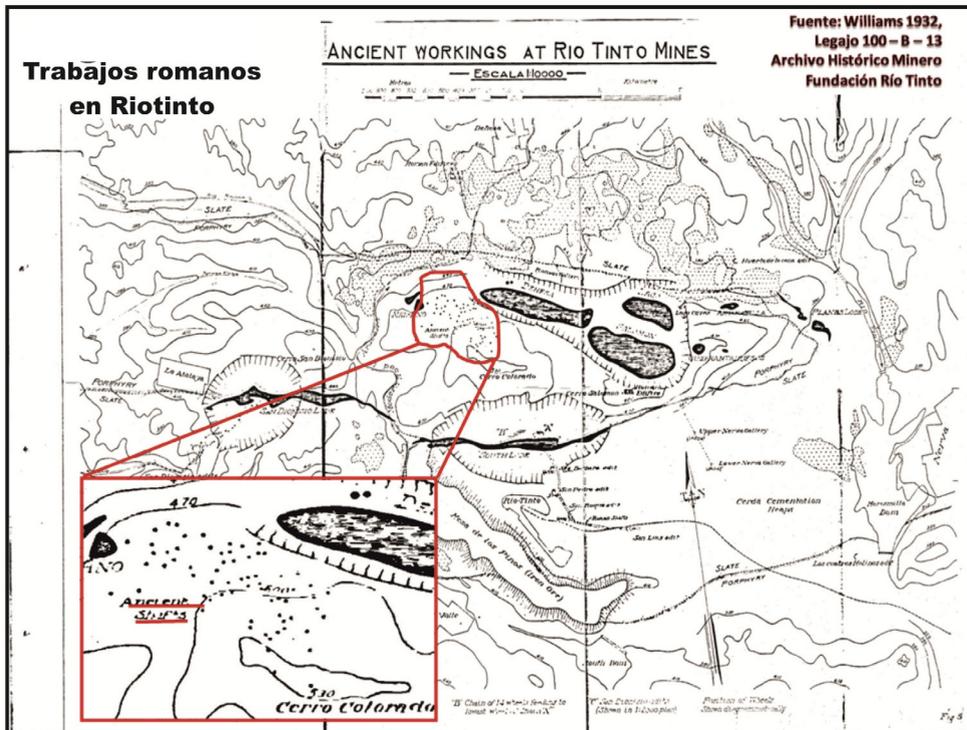


Fig. 7. Trabajos romanos de Riotinto.

Dependiendo de su función podríamos diferenciar los *ternagii* o galerías de exploración (Fig. 4) y los *cuniculi* o galerías de desagüe (ver figura 4) que se emplearon para drenar el agua del interior de la mina a una cota inferior, como las halladas en Riotinto en Corta Dehesa o el Cerro de las Vacas,¹⁰³ que disponían a tramos más o menos regulares de pocillos que permitieron determinar la orientación de la galería de drenaje, su ventilación y su limpieza.¹⁰⁴ Las galerías de gran formato son aquellas en las que cabían de pie los operarios, son más anchas por la parte superior que en la inferior.¹⁰⁵ Por estas labores se accedió desde época moderna a los trabajos romanos, como en el caso del clérigo Diego Delgado en Riotinto en 1556.¹⁰⁶ A partir del primer cuarto del siglo XVIII se comenzaron a través de esas galerías de grandes dimensio-

¹⁰³ PALMER 1926-1927, 311-315, LUZÓN NOGUÉ 1968, 101-103, PÉREZ – DELGADO 2011c, 8-13.

¹⁰⁴ PALMER 1926-1927, 312.

¹⁰⁵ PALMER 1924-1927, 310-314, WILLIES 1997, 9-11.

¹⁰⁶ PINEDO VARA 1963,47-60.

nes los trabajos de contramina.¹⁰⁷ De fines del siglo XIX se conserva en el Archivo de la Fundación Río Tinto, fotografías de una galería ancha por las que incluso cabría, no sólo un grupo de trabajadores, sino también hasta acémilas cargadas de mineral, de similares dimensiones a la del pilar en Tres Minas (Portugal). Estas galerías de mayores proporciones presentaban en muchas ocasiones fortificaciones con ademes de pino y encina.¹⁰⁸

Una vez localizada por medio de un *ternagus* o un pozo una zona mineralizada susceptible de ser explotada, se comenzaba por la excavación de oquedades artificiales, cámaras de extracción (**Fig. 4**), denominadas anchurones o cuevas en la documentación decimonónica.¹⁰⁹ Eran irregulares pues se adaptaban a la disposición del mineral. Esta labor se combinó con el empleo de galerías y pozos, dando lugar al surgimiento de un sistema de pisos o niveles, sostenidos por los pilares de mineral que se iban dejando. La extensión de las masas explotadas determinó que las cuevas tuvieran grandes dimensiones, así Palmer recoge que para los años 20 del siglo pasado en Riotinto había una cámara de una milla y media (2.414, 016 metros). En los años 80 de la misma centuria los trabajos arqueológicos documentaron la Cueva del Tabaco de más de 300 metros en Riotinto. También tenemos conocimiento de otras de similares dimensiones en Tharsis.¹¹⁰ En el interior de las cámaras se documentó el empleo de varios sistemas de laboreo como el de minería en realce para Aljustrel¹¹¹ o para Riotinto el de pilares en retroceso.¹¹² Por último, Palmer, al conocer de primera mano estos trabajos mineros romanos en la zona de Filón Sur, afirmó que parecían haberse realizando siguiendo un sistema de fajas horizontales.¹¹³

La explotación de la cámara finalizaba cuando llegaban a los sulfuros masivos que no podían ser explotados con esa tecnología; la ley de la mineralización que estaban extrayendo en cobre o plata dejaba de ser rentable o se hubiera llegado al límite de la concesión minera, que como hemos expuesto se controlaría desde la superficie. Partiendo de la Cueva ya amortizada por las razones expuestas, se continuaba mediante pozos y galerías la exploración de nuevos filones con leyes susceptibles de ser beneficiados, lo que ocurrió en muchas ocasiones, tanto por la efectividad de los trabajos de exploración como porque las masas se encontraban cercanas unas de otras. El último tipo de labor es la trinchera o rafa (**Fig. 4**), labor en superficie que se empleó para la explotación de carbonatos o estructuras filonianas.¹¹⁴

La iluminación se solventó en gran medida con el empleo de lamparillas cerámicas que tenían aceite de oliva como combustible. Durante los trabajos mineros se depositaban en las pequeñas oquedades o lucernarios, aunque las fuentes clásicas nos indican que también fueron portadas en la cabeza (Diodoro Sículo, V 11). Plinio para las minas de Baebelo (Jaén) nos informa de que la duración del combustible de las

¹⁰⁷ FLORES CABALLERO 1983, 29-37; PÉREZ – DELGADO 2011b, 87-89.

¹⁰⁸ LUZÓN NOGUÉ 1970, 234-236; DOMERGUE 1990, 417-418.

¹⁰⁹ PÉREZ – DELGADO 2011b, 89-92.

¹¹⁰ PÉREZ – DELGADO 2011c, 10-11.

¹¹¹ VIANA *ET ALII* 1954, 20-26.

¹¹² LUZÓN NOGUÉ 1970, 253-258.

¹¹³ PALMER 1926-1927, 303.

¹¹⁴ PÉREZ – DELGADO 2011c, 7.

lamparillas era similar a la jornada de trabajo (*N.H.* XXXIII 31.97). El empleo de estos *instrumenta* no está documentado para las cuevas o anchurones, donde no se han hallado lucernarios, lo cual ha llevado a pensar en la posibilidad de la existencia de otros soportes, como trípodes para estas lucernas. Las investigaciones arqueológicas nos han permitido conocer la existencia de un alfarero dedicado a su producción.¹¹⁵ Los últimos trabajos realizados sobre este particular nos llevan a desterrar el empleo del adjetivo minero para este tipo de *instrumenta*, pues los contextos arqueológicos para zonas mineras donde se han documentado son de hábitat y de necrópolis como ocurre en Aljustrel y Riotinto, donde tan sólo una de las 268 lucernas mineras que se conservan en el Museo Minero de Riotinto fue hallada en un lucernario.¹¹⁶ Además las mismas tipologías han sido localizadas en áreas sin actividad minera como Mérida o Sevilla.¹¹⁷

Los informes de los ingenieros decimonónicos, las labores romanas localizadas durante las operaciones mineras contemporáneas, más algunas fuentes clásicas, entre las que destacamos los bronce de Aljustrel¹¹⁸ nos han permitido conocer algunos trabajos de fortificación minera romana. Así en las cámaras de extracción se han hallado columnas de mineral a modo de pilares de sustentación (**Fig. 4**). El estudio de algunos de estos nos ha permitido conocer la ley del mineral extraído en las cuevas, así para la zona de Argamasilla en Riotinto el estudio de uno de ellos dio como resultado que el mineral que lo formaba contenía 1835 gramos de plata por tonelada. En las labores romanas también se han encontrado el empleo de pilares horizontales de madera, denominados llaves en la terminología minera tradicional (**Fig. 4**). Otros trabajos de entibación son aquellos documentados en pozos de extracción como el hallado en Aljustrel¹¹⁹ o en Riotinto¹²⁰ (**Fig. 4**). Las galerías fueron fortificadas con el empleo de ademes de madera (**Fig. 4**), por lo general de pino y encina que había que sustituir y reparar cada cierto tiempo.¹²¹

Una vez expuestos los tipos de labores pasaremos a ver cómo se desarrolló la explotación de las minas del suroeste. La primera fase fue la prospección,¹²² es decir la definición visual de dónde estaban las masas minerales susceptibles de ser explotadas para extraer metales (Diodoro, V 37.3). El color rojo de la montera ferruginosa propia de los criaderos minerales de la Faja Pirítica Ibérica (Plinio, *H.N.* XXXIV 41-4) debió de servir, junto a las surgencias de aguas ácidas de colores verdosos, azulados y bermejas, de indicio para los prospectores romanos de la riqueza que podía ocultarse en las entrañas de la tierra, como se recoge en las obras de los tratadistas de época moderna sobre minería como *Pirotechnia* de Biringuccio 1540, *De Re Metallica* de Agrícola 1556 o para la centuria siguiente en el *Arte de los Metales* de Álvaro Alonso Barba, 1640.

¹¹⁵ LUZÓN NOGUÉ 1967, 138-150; PÉREZ – DELGADO 2014, 421-426.

¹¹⁶ WILLIES 1997, 24.

¹¹⁷ DELGADO – PÉREZ 2014, 421-426.

¹¹⁸ PÉREZ *ET ALII* 2013, 35-40.

¹¹⁹ VIANA *ET ALII* 1954, 15-20.

¹²⁰ LUZÓN NOGUÉ 1970, 244; PÉREZ – DELGADO 2011c, 9-10.

¹²¹ LUZÓN NOGUÉ 1970, 244, DOMERGUE 417-418; PÉREZ – DELGADO 2011c, 9-10.

¹²² DOMERGUE 1990, 391-393.

Localizada la masa mineral que podía contener leyes beneficiables de plata y cobre había que ubicar concretamente dónde estaban las mineralizaciones a explotar. Esto se hizo empleando pozos desde la superficie desde los que partieron las galerías de exploración en horizontal. Este sistema fue empleado también para buscar las vetas minerales desde las laderas de la montera de gossan.¹²³ Este tipo de calicatas está ampliamente documentado en los tratados de minería de época moderna, ya mencionados, pues para esta época el sistema de laboreo no difería mucho del sistema romano.

Determinar la cantidad de plata o cobre de un mineral nos lleva a pensar que debió de haber un sistema que permitiera conocer la ley de cada uno de los minerales, más allá de la falible piedra de toque o *cuticula* mencionada por Plinio (*H.N.* XXXIII 43-1). Si bien en algunas especies minerales se puede determinar su contenido en metales por su color, como ocurre con el cobre para el caso de carbonatos como malaquita (de color verde) y azurita (de color azul) o minerales secundarios como covellina o calcosina. Esto no siempre es fiable pues las mineralizaciones son poli-metálicas y contienen diferentes metales. En las especies argentíferas no se aprecian diferencias de color según la plata contenida. La evaluación de la cantidad de metal que albergaba en los minerales se realizó mediante las *fundiciones de bondad*,¹²⁴ que consistía en fundir pequeñas cantidades de mineral y ver la cantidad de metal beneficiado. Este tipo de control de leyes explicaría que en algunos criaderos donde se han documentado trabajos romanos, los escoriales sean muy pequeños. En este sentido Gonzalo y Tarín en su magna obra sobre Huelva en 1888 nos informa que en la mina de Las Cabezas del Pasto (Puebla de Guzmán, Huelva) se habían hallado más de 200 pozos romanos, a los que estaban asociados dos pequeños rimeros de fayalitas resultado de procesado metalúrgico de las mineralizaciones de ese criadero.¹²⁵ Como se conoce por los trabajos mineros de fines del siglo XIX y principio del XX, los pozos romanos no llegaron a dar con el filón de leyes beneficiables, por lo que los trabajos documentados allí hay que relacionarlos con operaciones de control de leyes que no permitieron amortizar la importante inversión en investigación desarrollada en este criadero, donde tras ser abandonado los trabajos se trasladaron a la cercana Corta Sta. Bárbara en Herrerías (Puebla de Guzmán, Huelva), donde sí dieron con un filón que fue explotado.

La fase de exploración fue seguida de la de explotación propiamente dicha, así las mineralizaciones descubiertas por las calicatas desde la superficie o las laderas de la montera ferruginosa fueron ampliadas con la excavación de los anchurones (**Fig. 4**) donde se desarrollaron las operaciones de extracción. El avance de estas labores fue dirigido mediante los pozos a modo de estaciones topográficas rudimentarias y controladas por la administración imperial en la forma ya descrita desde la superficie. El mineral extraído desde el interior de las cámaras era subido en las espuestas mineras por medio de pozos, galerías o planos inclinados hasta la boca de mina, donde pasaba a ser triturado, tras lo cual fue tostado para eliminarle el azufre pudiendo ser procesado en los hornos.

¹²³ CAUET *ET ALII* 2004.

¹²⁴ PÉREZ – DELGADO 2012, 57.

¹²⁵ GONZALO Y TARÍN 1888, tomo II, 30, 187-189.

En las operaciones metalúrgicas también se aprecian innovaciones para época augustea, documentadas por el cambio de tipo de fayalita pasando de las escoria de placas de época republicana de unos 30 centímetros de longitud media y unos 6 centímetros de espesor, a grandes lupias cónicas que suelen sobrepasar el metro de diámetro y donde se aprecian las superposición de los distintos niveles generados por el sangrado continuo (**Fig. 3**).¹²⁶ Esto supone la constatación de un cambio en el tipo de hornos, que se hicieron de mayores dimensiones, siendo capaces de alcanzar mayores temperaturas.¹²⁷ La aplicación de nuevas técnicas pirometalúrgicas redundó en que se mejoraran las técnicas de reducción, y con ello el beneficio de minerales complejos pero con buenas leyes de plata como demostraría el hallazgo de un nuevo tipo de escoria denominada como metal blanquillo o *speiss*, resultado de procesar minerales de sulfosales de plata.¹²⁸ Las técnicas de copelación ya mejoradas desde época republicana continuaron desarrollándose con la adición de importantes cantidades de plomo importado, que permitieron recuperar la mayor cantidad de plata posible del plomo argentífero.

Uno de los mayores inconvenientes solventados por la minería romana fue el drenaje de las labores de contramina, sin lo cual no hubiera sido posible el desarrollo de los trabajos. Las mineralizaciones estaban ubicadas cercanas al nivel freático, las argentíferas en la zona infra yacente del gossan y en su zona de enriquecimiento y las cobrizas en la zona de enriquecimiento supergénico, a cotas mayores de 30 metros, no siendo raro haber encontrado durante el siglo XIX y principios del XX labores romanas a cien metros de profundidad. La importancia del desagüe en época romana aparece recogida para época de Adriano en los bronce de Aljustrel (VIP II, 14), donde no se permitían trabajos de exploración o de arranque partiendo de ellas, pues su posible obstrucción podría provocar la inundación de parte del coto minero y, por ende, impedir que al fisco imperial llegase su parte del metal beneficiado en los hornos.

El primer método y más sencillo era desaguar las labores interiores desde una cota inferior, para ello desde el interior de las masas de mineral el agua era drenada pero mediante *cuniculi* a un punto en el exterior a una cota más baja, como describe Palmer para el caso de Riotinto (**Fig. 4**). Estas galerías tenían diferentes longitudes dependiendo de la altura de la zona del coto minero a drenar, yendo desde los 100 metros de longitud del primero hasta los 925 metros del último, estando éste a 321 metros sobre el nivel del mar y el primero a 391.¹²⁹ Estas conducciones disponían a distintos intervalos de “pocillos” que sirvieron tanto para orientar la dirección de la conducción como para labores de limpieza y ventilación. En Riotinto el *cuniculus* de mayor dimensión documentado tenía una longitud de 925 metros de longitud y una pendiente de 3,08 %. En su recorrido se dispusieron 29 “pocillos” en un intervalo medio de 49,5 metros. El más profundo tenía 84 metros y el menor sólo 5 metros.¹³⁰

¹²⁶ PÉREZ – DELGADO 2007b, 293.

¹²⁷ PÉREZ – DELGADO 2011a, 61.

¹²⁸ PÉREZ – DELGADO 2007b, 293.

¹²⁹ PALMER 1926-1927, 312.

¹³⁰ PALMER 1926-1927, 312.

La excavación y el mantenimiento de estas labores debieron de suponer una fuerte inversión, sin la cual no se hubieran podido desarrollar las operaciones mineras.

Cuando la ubicación de la veta de mineral a extraer, impedía el desagüe, como ocurrió sobre todo en la zona de enriquecimiento supergénico situada entre los 30 a 70 metros de profundidad de media, se recurrió al empleo de ingenios de origen helénico: tornillos de Arquímedes, la bomba de Ctesibio o la polea de cangilones.¹³¹ El sistema más empleado en las minas del Suroeste fue la noria o *rotae aquariae* que colocadas pareadas en la mayoría de los casos elevaron el agua hasta el exterior. De las 126 norias halladas en las minas romanas 73 han sido halladas en minas del Cinturón Ibérico de Piritas: Riotinto, São Domingos (Mértola, Portugal), Tharsis y Lagunazo.¹³² En Filón Sur en Riotinto se documentó una batería de 44 norias halladas entre 1910 y 1921 que ascendían el agua 88 metros (ver 6.2).¹³³

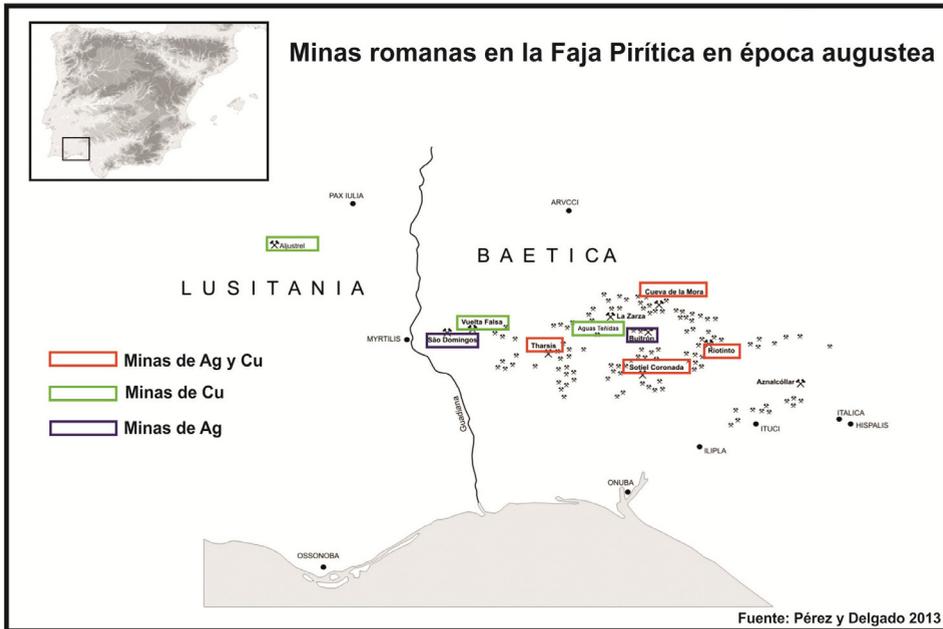


Fig. 8. Minas romanas en la Faja Pirítica en época augustea.

Como conclusión, los métodos minero-metalúrgicos expuestos y la política desarrollada durante el gobierno del *Princeps* en la ordenación y administración del territorio permitieron la puesta en operación de una gran cantidad de criaderos mineros argentíferos y cupríferos en la Faja Pirítica Ibérica (**Fig. 8**). Esto dio lugar a un período de importante actividad donde se alcanzaron niveles de extracción de mineral y

¹³¹ LUZÓN NOGUÉ 1968, 11-113.

¹³² DELGADO – REGALADO 2010, 661.

¹³³ DELGADO – REGALADO 2010, 666; DELGADO *ET ALII* 2013, 276-277.

beneficio pirometalúrgico de sus menas que podíamos denominar como “industrial” a tenor de los millones de toneladas de escorias que jalonan las minas explotadas en el período que nos ocupa.

BIBLIOGRAFÍA

- ADAMINES, N. G. (2013): “Rio Tinto (Iberian Pyrite Belt): a world-class mineral field reopens”, *Trans. Inst. Min. Metall. B* 122/1, 2-15.
- ALMODOVAR, G. R. – SÁEZ, R. – PONS, J. – MAESTRE, A. – TOSCANO, M. – PASCUAL, E. (1998): “Geology and génesis of the Aznalcollar massive sulphide deposits, Iberian Pyrite Belt, Spain”, *Miner. Depos.* 37, 684-703.
- ANGUILANO, L. – REHREN, T. – MÜLLER, W. – ROTHENBERG, B. (2010): “The importance of lead in the silver production at Riotinto (Spain)”, *ArcheoSciences, revue d’archéométrie* 34, 269-276.
- BENDALA GALÁN, M. (1987): “Ab ostio fluminis Anae...”, *Cuadernos de Prehistoria y Arqueología de la Universidad Autónoma de Madrid* 11/12, 129-139.
- BLANCO, A. (1984): “Mineros y metalúrgicos primitivos en Huelva”, *Investigación y Ciencia* 90, 100-109.
- BLANCO, A. – ROTHENBERG, B. (1981): *Exploración Arqueometalúrgica de la provincia de Huelva*, Barcelona.
- BUSTAMANTE ÁLVAREZ, M. (2011): “Red de distribución de ceramic en poblados mineros”, [en] J. A. Pérez – A. Delgado, J. M. Pérez – F. J. Delgado (eds.), *Río Tinto, Historia, Patrimonio Minero y Turismo Cultural*, Huelva, 113-142.
- BUSTAMANTE, M. – HUGHET, E. (2008): “Las cerámicas tipo Peñafior”, [en] D. Bernal - A. Ribera (ed.). *Cerámicas hispanorromanas. Un estado de la cuestión*, Cádiz, 297-306.
- BUSTAMANTE, M. – PÉREZ, J. A. – HERAS, F. J. – LAGARES, J. (2009): “El *castellum* romano de Valpajoso (Villarrasa, Huelva)”, [en] *IV Encuentro de Arqueología del Suroeste Peninsular*, Huelva, 928-946.
- CARSON, R. A. G. (1952): “A hoard of Roman republican denarii from Riotinto, Spain”, *Nuismatic Chronicle* 12/Sixth series, 129–30.
- CARVALHO, D. – BARRIGA, F. J. A. S. – MUNHA, J. (1999): “Bimodal siliciclastics systems – the case of the Iberian Pyrite Belt.”, *Rev Econ. Geol.* 8, 375-408.
- CAUET, B. (2004): “Apport de l’archéologie minière á l’étude de la mise en concessions des mines romaines aux II^e et III^e siècles. L’exemple de Vipasca (Aljustrel, Portugal) et d’Alburnus Maior (Roşia Montană, Roumanie)”, [en] J. G. Gorges – E. Cerrillo – T. Nogales (eds.), *V Mesa Redonda Internacional sobre la Lusitania Romana: Las comunicaciones*, Cáceres, 33-60.
- CAUET, B. – DOMERGUE, C. – DUBOIS, C. (2002): “Mine d’Aljustrel (Portugal), fouilles archéologiques dans les anciens réseaux miniers des Algarés”, [en] *Mineração no Baixo Alentejo*, vol. II, 38-97.
- CAUET, B. – DOMERGUE, C. – DUBOIS, C. – PULOU, R. – TOLLON, F. (1999): “La production de cuivre dans la province romaine de Lusitanie. Un atelier de traitement du minerai á

Vipasca”, [en] *Économie et territoire en Lusitanie romaine*, (=Collection de la Casa de Velázquez 65), Madrid, 279-306.

CHAVES TRISTÁN, F.

(1986): “Hallazgo de monedas en Riotinto (Huelva)”, [en] *Estudios en Homenaje al Dr. Antonio Beltrán Martínez*, Zaragoza, 863-872.

(1988): “Aspectos de la circulación monetaria en dos cuencas mineras andaluzas, Riotinto y Cástulo (Sierra Morena)”, *Habis* 18-19, 613-637.

CHIC GARCÍA, G.

(1981): “La Actuación político-militar de Q. Sertorio durante los años 83-80 a. C.”, [en] *Actas I Congreso Andaluz de Estudios Clásicos*, Jaén, 168-171.

(2005): “Marco Aurelio y Cómodo. El hundimiento de un sistema económico”, [en] L. Hernández Guerra (ed.), *La Hispania de los Antoninos (98-180)*, Valladolid, 567-586.

(2007): “La zona minera del suroeste de Hispania en época Julio-Claudia”, [en] J. A. Pérez – A. Delgado (eds.), *Las minas de Riotinto en época julio-claudia*, Huelva, 11-37.

(2008): “Los saltus y las explotaciones mineras”, [en] *Salтус, ¿Concepto geográfico, administrativo o económico?* (=Boletín Arkeolan 15), 143-163.

CRADDOCK, P. T. – FREESTONE, I. C. – HUNT, M. A. (1987): “Recovery of silver from speiss at Río Tinto”, *IAMS Newsletter* 10-11, 8-11.

CRADDOCK, P. T. – FREESTONE, I. C. – GALE, N. H. – MEEKS, N. D. – ROTHENBERG, B. – TITE, M. S. (1985): “The investigation of a small heap of silver smelting debris from Río Tinto, Huelva, Spain”, [en] *Furnaces and Smelting Technology in Antiquity*, (=British Museum Occasional Paper 48), 199-214.

DE LA BANDERA, M. L. – DOMÍNGUEZ, A. – CAMACHO, M. – LEÓN, M. (2004): “Diagnóstico arqueológico de urgencia en Marismilla y su entorno (Nerva, Huelva)”, *Anuario Arqueológico de Andalucía* 3/1, 545-553.

DE LA HOZ MONTOYA, J. (2011): “Circulación monetaria romana en la Cuenca Minera de Riotinto”, [en] J. A. Pérez – A. Delgado – J. M. Pérez – F. J. Delgado (eds.), *Río Tinto, Historia, Patrimonio Minero y Turismo Cultural*, Huelva, 143-172.

DELGADO, A. – PÉREZ MACÍAS, J. A. (2014): “Artífices e Industrias Auxiliares en las Minas Hispanas”, [en] M. Bustamante – D. Bernal (coords.), *Artífices idoneos: artesanos, talleres y manufacturas en Hispania*, Mérida, 389-420.

DELGADO, A. – REGALADO, M^a C. (2010): “Rotae urionensis. Las norias romanas de Riotinto (Huelva, España)”, *Patrimonio Geológico y Minero. Una apuesta por el desarrollo local sostenible*, Huelva, 659-676.

DELGADO, A. – MONGE, A. – QUEIROZ, P. F. (2013): “La datación por radiocarbono de los elementos de las norias romanas de madera de Filón Sur (Minas de Riotinto, Huelva)”. *Revista Onoba* 1, 275-284.

DOMERGUE, C.

(1983): *La mine antique d’Aljustrel (Portugal) et les Tables de Bronze de Vipasca*, Paris.

(1990): *Les mines de la Peninsule Ibérique dans l’antiquité romaine*, (=Collection de l’École Française de Roma 127), Roma.

(1993): “Les techniques minières á l’époque romaine”, [en] *Archaeologia delle Attività Estrattive e Metallurgiche*, Firenze.

- (2011): “Les mines romaines Du Sud-ouest de la péninsule Ibérique”, [en] J. A. Pérez – A. Delgado – J. M. Pérez – F. J. Delgado (eds), *Río Tinto, Historia, Patrimonio Minero y Turismo Cultural*, Huelva, 27-46.
- FABIÃO, C. (1998): *O Mundo indígena e a sua romanização na área céltica do território hoje português*, Dissertação de Doutoramento em Arqueologia, Lisboa.
- FÉRNANDEZ-POSSE ARNAIZ, M. D. – SÁNCHEZ PALENCIA, F. J. (1996): “Riotinto: La memoria antigua desde la actualidad”, *Clásicos de la Arqueología de Huelva* 6, 50-86.
- FLORES CABALLERO, M. (1983): *La Rehabilitación Borbónica de las Minas de Río Tinto, 1725-1810*, Huelva.
- GARCÍA PALOMERO, F. (1980): *Caracteres geológicos y relaciones morfológicas y genéticas de los yacimientos del Anticlinal de Riotinto*, Huelva.
- GARCÍA-BELLIDO, M^a P. (1994-95): “Las Torres-recinto y la explotación militar del plomo en Extremadura: los lingotes del pecio de Comacchio”, *Anas* 7-8, 187-218.
- GEMIO DEL RÍO, G. – FERNÁNDEZ RUIZ, F. – ROJANO LÓPEZ, P. (2006): “Geología”, [en] A. Delgado Domínguez (coord.), *Catálogo del Museo Minero*, 37-40.
- GIMENO PASCUAL, H. – STYLOW, A. U. (2007): “Pizarras inscritas del Cerro del Moro y Marismilla”, [en] J. A. Pérez – A. Delgado (eds.), *Las minas de Riotinto en época julio-claudia*, Huelva, 185-195.
- GONZÁLEZ FERNÁNDEZ, J. (1989): *Corpus de inscripciones latinas en Andalucía*. Huelva. Sevilla.
- GONZALO Y TARÍN, J. (1886): *Descripción física, geológica y minera de la provincia de Huelva*, Memorias de la Comisión del Mapa Geológico de España, Madrid.
- GORGES, J. G. (1979): *Les villes hispano-romaines. Inventarie et problématique archéologiques*, Paris.
- HERAS, F. J. – BUSTAMANTE, M. (2007): “Contribución al estudio de las ánforas tardorrepublicanas del enclave militar de “El Santo” de Valdetorres (Badajoz, España)”, *Vipasca. Arqueología e Historia* 2, 318-324.
- HERTEL, D. (1982): “Calígula. Bildnisse vom Typus Fasanerie in Spanien. Ein Archäologischer Beitrag zur Geschichte des Kaisers Caius”, *Madriider Mitteilungen* 23, 258-295.
- LAZNICKA, P. (1999): “Quantitative relationships among giants deposits of metals”, *Economic Geology* 94, 455-473.
- LISTEL, J. M. – MARCAUX, E. – THIÉBLEMENT, D. – QUESADA, C. – SÁNCHEZ, A. – ALMODÓVAR, G. R. – SÁEZ, R. (1998): “The volcanic-hosted massive sulphide deposits of the Iberian Pyrite Belt”, *Miner. Depos.* 33/1-2, 2-30.
- LISTEL, J. M. – MARCAUX, E. – DESCHAMPS, Y. (1998): “Chert in the Iberian Pyrite Belt”, *Miner. Depos.* 33, 59-81.
- LÓPEZ MULLOR, A. (2008): “Cerámicas hispanorromanas. Un estado de la cuestión”, [en] D. Bernal – A. Ribera (eds.), *Cerámicas hispanorromanas. Un estado de la cuestión*, Cádiz, 343-384.
- LUZÓN NOGUÉ, J. M^a
 (1967): “Lucernas mineras de Río Tinto”, *Archivo Español de Arqueología* 40, 138-150.
 (1968): “Sistemas de desagüe en las minas romanas del suroeste peninsular”. *Archivo Español de Arqueología* 41, 101-120.

- (1970): “Instrumentos mineros de la España Antigua”, [en] *La Minería Hispana e Iberoamericana*, León, 221-258.
- LUZÓN, J. M^a – RUIZ, D. (1970): “El poblado minero romano de Riotinto”, *Habis* 1, 125-138.
- MARTINS, A. – PÉREZ, J. A. – BAPTISTA, H. – BUSTAMANTE, M. – LAGARES, J. (2012): “Novos achados em Algaes (Aljustrel, Portugal). Reflexões sobre o Vicus Vipascense”, [en] *Actas do V Encontro de Arqueologia do Sudoeste Peninsular*, Almodôvar, 293-412.
- MARTINS, A. – PÉREZ, J. A. – BUSTAMANTE, M. (2008): “A ocupação romana no Morro de Mangancha”, [en] *IV Encuentro de Arqueología del Suroeste Peninsular*, Huelva, 947-965.
- MATALOTO, M. (2002): “Fortins e recintos-torre do Alto Alentejo: antecâmara da “romanição” dos campos”, *Revista Portuguesa de Arqueologia* 5/1, 161-220.
- MAYORAL, V. – CELESTINO, S. (eds.) (2010): *Actas de la Reunión Científica Los paisajes rurales de la romanización: arquitectura y explotación del territorio*, Madrid.
- MELLADO, D. – GONZÁLEZ CLAVIJO, E. – TORNOS, F. – CONDE, C. (2006): “Geología y estructura de la Mina de Río Tinto (Faja Pirítica Ibérica, España)”, *Geogaceta* 40, 231-234.
- MORENO BOLAÑOS, A. (2011): “Mineral extraído en minas de Riotinto” 1725-2002”, [en] J. A. Pérez – A. Delgado – J. M. Pérez – F. J. Delgado (eds.), *Río Tinto, Historia, Patrimonio Minero y Turismo Cultural*, Huelva, 761-770.
- MORET, P. (1995): “Les maisons fortes de la Bétique et de la Lusitanie romaines”, *Révue des Études Anciennes* 97/3-4, 1995, 527-564.
- MORET, P. – CHAPA, T. (2004): *Torres, atalayas y casas fortificadas. Explotación y control del territorio en Hispania (S. III a. de C. - S. I d. C.)*, Jaén.
- MORILLO CERDÁN, A. (2010): “Demand and military supply in the Northwest of Hispania Throughout the early Empire”, [en] C. Carreras – R. Morais (eds.), *The Western Roman Atlantic Façade. A study of the economy and trade in the Mar Exterior from the Republic to the Principate*, (=BAR International Series 2162), Oxford, 157-172.
- MORILLO CERDÁN, A. – GARCÍA-MARCOS, V. (2003): “Importaciones itálicas en los campamentos romanos del norte de Hispania durante el periodo Augusto y Julio-Claudio”, *Rei Cretariae Romanae Fautorum* 38, 295-304.
- ORTIZ ROMERO, P. – RODRÍGUEZ DÍAZ, A. (1998): “Culturas indígenas y romanización en Extremadura: Castros, oppida y recintos ciclópeos”, [en] A. Rodríguez Díaz (coord.), *Extremadura Protohistórica: Paleoambiente, economía y poblamiento*, Cáceres, 247-278.
- OVEJERO ZAPPINO, G. (2004): “Ossa Morena. La diversidad metálica”, [en] E. Romero – J. A. Pérez (eds.), *Metallum. La Minería Suribérica*, Huelva, 49-69.
- PALMER, R. E. (1926-1927): “Notes on some ancient mining equipments and system”, *Transactions of the Institution of Mining and Metallurgy* 35, 299-336.
- PÉREZ MACÍAS, J. A.
 (1996): *Metalurgia y extractiva prerromana en Huelva*, Huelva.
 (1998): *Las minas de Huelva en la Antigüedad*, Huelva.
 (1999), “Pico del Oro (Tharsis, Huelva). Contraargumentos sobre la crisis metalúrgica tartésica”, *Huelva en su Historia* 7, 71-98.
 (2002): “Metallica y Territoria en el Oeste de la Baetica”, *Habis* 33, 407-431.
 (2006): *La Huella de Roma*, Huelva.
 (2008): “Recursos minerales de cobre y minería prehistórica en el suroeste de España”, *Verdolay* 11, 9-36.

- PÉREZ MACÍAS, J. A. – MARTINS, A. – BUSTAMENTE, M. – DELGADO, A. (2009): “De *Praesidium* a *vicus metallum*, El poblado minero en el Suroeste peninsular”, [en] *Andalucía Romana y Visigoda. Ordenación y vertebración del territorio*, Roma.
- PÉREZ MACÍAS, J. A. – MARTINS, A. – D’ENCARNAÇÃO, J. – CHIC GARCÍA, G. – DOMERGUE, C. – TENNEY, F. R. (2012a): *As Tabulas de Bronze de Vipasca*, Aljustrel.
- PÉREZ, J. A. (2011): “El Castillito (Paymogo, Huelva), un *castellum* romano en las minas de la Rivera de Malagón”, [en] *Actas de las I Jornadas de Patrimonio del Andévalo*, Huelva, 127-150.
- PÉREZ, J. A. – CAMPOS, J. M. (2000-2001): “El Castillo de Maribarba (Aroche, Huelva) y la Política de Roma en la Baeturia”, *Lucentum*, 199-208
- PÉREZ, J. A. – DELGADO, A.
 (2007): “Los *metalla* de Riotinto en época julio-Claudia”, [en] *Las minas de Riotinto en época julio-claudia*, J.A. Pérez – A. Delgado, (eds.), *Las minas de Riotinto en época julio-claudia*, Huelva, 37-185.
 (2007b): “Tecnología metalúrgica en Riotinto y el SO Ibérico desde la edad del bronce a la edad media”, [en] *Coloquio Annaberg (Alemania)*, 281 - 308.
 (2011a): “El *castellum* de El Castillejo (El Campillo, Huelva): explotación romano-republicana en Riotinto”, [en] J. A. Pérez – A. Delgado – J. M. Pérez – F. J. Delgado (eds.), *Río Tinto, Historia, Patrimonio Minero y Turismo Cultural*, Huelva, 45-75.
 (2011b): “Obras de romanos en Riotinto según los ingenieros de minas de los siglos XVIII y XIX”, *Italica* 1, 87-104.
 (2011c): “Ingeniería minera antigua y medieval en el suroeste ibérico”, *Boletín Geológico y Minero* 122/1, 3-16.
 (2012): “Paisaje y territorio de Riotinto en época romana”, [en] M. Zorzalejos – P. Hevia – L. Mansilla (eds.), *Paisajes Mineros Antiguos en la Península Ibérica. Investigaciones y nuevas líneas de trabajo. Homenaje a Claude Domergue*, 47-67.
 (e.p.) “La Minería Romana en el Suroeste Ibérico”, [en] *Actas VIII Congreso Internacional sobre Minería y Metalurgia antiguas en el Sudoeste europeo 11 a 15 de junio de 2014*, 1-25.
- PÉREZ, J. A. – DELGADO, A. – REGALADO, C. (2012b): “El asentamiento romano en el paraje de Marismilla (Riotinto-Nerva, Huelva)”, [en] J. A. Pérez - J. L. Carriazo - B. Ceballos (eds.), *Paisajes, Tiempos y Memoria*, Huelva, 45-83.
- PÉREZ, J. A. – GONZÁLEZ, D. – GARCÍA, A. – ECHEVARRÍA, A. (2013): “La fodina de Aguas Teñidas (Almonaster la Real, Huelva)”, *Onoba* 1, 219-242.
- PÉREZ, J. A. – MARTINS, A. – BUSTAMENTE, M. – LAGARES, J. (2012): *In Abditas Terras. Investigações arqueológicas en Aljustrel 2006-2009*, Huelva.
- PÉREZ, J. A. – SCHATTNER, TH. G. – GIMENO, H. – STYLOW, A. U. (2008): “¿Claudius und Livia in Urium? Ein Statuenfund im Erzrevier von Riotinto (Prov. Huelva)”, *Madridrer Mitteilungen* 49, 302-340.
- PINEDO VARA, I. (1963): *Piritas de Huelva. Su historia, minería, y aprovechamiento*, Madrid.
- ROLDÁN HERVÁS, J. M. (2013): *Historia Antigua de España I Iberia prerromana, hispania republicana y alto imperial*, Madrid.
- ROSMAN, K. J. R. – CHISHOLM, W. – HONG, S. – CANDELONE, J. P. – BOUTRON, C. F. (1997): “Lead from Carthaginian and Roman Spanish Mines Isotopically Identified in Greenland

- Ice dated from 600 B.C. to 300 A.D.”, *Environmental Science & Technology* 31, 3413-3416.
- RUFETE TOMICO, P. (2009): “El Castrejón, un asentamiento de época romana republicana”, *Huelva Arqueológica* 22, 5-43.
- SÁEZ, R. – PASCUAL, E. – TOSCANO, M. – ALMODÓVAR, G. R. (1999): “The Iberian type of volcano-sedimentary massive sulphide deposits”, *Miner. Depos.* 34, 549-570.
- SALAS SELLES, F. (2003): La transformación del instrumentum domesticum y el comercio, [en] L. Abad Casal (ed.), *De Iberia in Hispaniam. La adaptación de las sociedades ibéricas a los modelos romanos*, Murcia, 287-315.
- SALKIELD, L. V. (1970): “Ancient slag in the south west of the Iberian península”, [en] *La minería Hispana e Iberoamericana. Contribución a su estudio*, León, 85-99.
- TORNOS ARROYO, F.
(2006): “Environment of formation and styles of volcanogenic massive sulphides: The Iberian Pyrite Belt”, *Ore. Geol. Rev.* 28, 259-307.
(2008): “La geología y la metalogenia de la Faja Pirítica Ibérica”, *Macla* 10, 13-23.
- VIANA, A. – FREIRE, R. – DA VEIGA, O. (1954): “Minerações romanas de Aljustrel”, *Comunicações dos Serviços Geológicos do Portugal* 35, 5-26.
- WEISGERBER, G. (1979): “Das römische wasserheberad aus Rio Tinto in Spanien im British Museum London”, *Der Anschnitt* 31, 62-80.
- WILLIAMS, D.
(1934): “The geology of the Rio Tinto Mines, Spain”, *Bulletin of Institution of Mining and Metallurgy* 335, 593-678.
(1950): “Gossanized, breccia-ores, jarosites and jaspers at Rio Tinto, Spain”, *Transaction Institution of Mining and Metallurgy* 526, 1-12.
- WILLIES, L. (1997): “Roman mining at Rio Tinto”, *Bulletin of the Peak District Mines Historical Society* 13/3.