

MINERÍA ROMANA EN LA SERENA. LA FOTOINTERPRETACIÓN COMO HERRAMIENTA PARA EL ANÁLISIS MORFOLÓGICO

ROMAN MINING AT THE AREA OF "LA SERENA". PHOTOINTERPRETATION AS A TOOL FOR MORPHOLOGICAL ANALYSIS

María Isabel ROGER SALGUERO *

Resumen

El presente artículo constituye un resumen del enfoque metodológico del trabajo de investigación realizado como proyecto final del Máster "Arqueología y Territorio" de la Universidad de Granada. La propuesta está orientada hacia una aproximación a la minería romana del plomo y la plata en la comarca de La Serena (Badajoz). No obstante, la parquedad y el carácter sesgado de la información existente hasta el momento, obligan como paso inicial a un análisis morfológico de las huellas que la actividad minerometalúrgica ha dejado en el paisaje, empleando para ello técnicas basadas en la Fotointerpretación.

Palabras clave

Badajoz, fotointerpretación, fotografía aérea, minería romana, plata.

Abstract

This paper is a summary of the methodological approach followed at the research project developed for the Master Dissertation titled "Archaeology and Territory", of Granada University. Such dissertation studied lead and silver mining in Roman times in the La Serena district of the Spanish province of Badajoz. The scant, biased information available so far called for an in-depth morphological analysis of the traces the mining and the metallurgy left on the landscape. Photointerpretation techniques were abundantly used for such analysis.

Keywords

Badajoz, photo interpretation, aerial photography, Roman mining, silver

INTRODUCCIÓN

La riqueza metalífera de la Península Ibérica ha sido considerada como una de las razones iniciales para su incorporación a los territorios romanos. La importancia de las labores para la obtención mineral en áreas como el Noroeste, en el caso del oro, o Sierra Morena y el sector de Cartagena, en el caso de la extracción de plomo y plata, ha quedado plasmada en el paisaje por medio de huellas muy reconocibles. En la mayoría de las áreas, el nivel productivo alcanzado en época romana no tiene parangón con los momentos precedentes ni con los posteriores hasta la reactivación minero-metalúrgica que se produce a mediados del siglo XIX.

Como consecuencia de esta intensa actividad, en las últimas décadas hemos asistido a una profusión de investigaciones arqueológicas desde múltiples enfoques; gracias a ellas, se ha profundizado en el conocimiento de aspectos productivos, territoriales, sociales, económicos, administrativos, jurídicos, etc., de la minería en la Hispania romana. Mucho se conoce sobre las importantes explotaciones de Cartagena, el este y centro de Sierra Morena, el área de Ríotinto y, por supuesto, las explotaciones

* Universidad de Granada

auríferas del Noroeste. Sin embargo, esta destacada actividad investigadora no se ha desarrollado con igual intensidad en otras áreas peninsulares.

En el caso de Extremadura son pocas las minas en las que se ha comenzado a investigar sobre estos aspectos (JIMÉNEZ ÁVILA 1990; SCHMIDT *et al.* 1999; HERNÁNDEZ 2009a, 2009b). Siendo especialmente significativo el vacío documental observable en el este de la provincia de Badajoz, donde se sitúa la comarca de La Serena. La existencia allí de una red filoniana de casi doscientas mineralizaciones y la reanudación de las actividades extractivas en el siglo XIX (que ha permitido su documentación aunque de una forma fragmentaria y poco organizada), confieren a la minería del metal en esta zona un gran potencial investigador.

Desde el redescubrimiento de las actividades mineras romanas durante las explotaciones del s. XIX (SOMOZA 1875), son innumerables las citas y referencias que caracterizan y destacan la importancia de la actividad extractiva en la zona (MÉLIDA 1925; ROMERO DE CASTILLA 1896; FERNÁNDEZ CORRALES 1988; ORTIZ ROMERO 1998, 1999). Sin embargo, en la mayoría de los casos se trata de menciones superficiales a los materiales hallados en aquel momento y resultan carentes de aportaciones arqueológicas fehacientes (MAYORAL HERRERA *et al.* 2010). Como excepción destaca el “*Catálogo de minas y fundiciones antiguas de la Península Ibérica*” (DOMERGUE 1987), obra de referencia para cualquier estudio sobre minería peninsular. De este modo, se evidencia la necesidad de realizar un estudio arqueológico en profundidad de la actividad minero-metalúrgica de los grupos humanos que ocuparon esta región a través del tiempo. Ello confiere un gran potencial e interés a la línea de investigación que aquí se plantea y que permite una proyección en posibles trabajos futuros.

EL ANÁLISIS MORFOLÓGICO COMO METODOLOGÍA PARA UN ESTUDIO INICIAL

El propósito general del trabajo en el que se inserta este artículo es el estudio del paisaje minero en La Serena (Badajoz), centrado en aspectos productivos y de transformación humana del medio durante la Antigüedad. Como se deduce de la revisión de la literatura arqueológica existente (MAYORAL HERRERA *et al.* 2010), esta temática de investigación acaba de iniciar su andadura, a pesar de los esfuerzos que se han venido realizando en los últimos años y de la importancia de la actividad minero-metalúrgica como elemento clave en la caracterización del paisaje en dicha comarca (VV.AA. 2007; MAYORAL HERRERA *et al.* 2009).

El estado incipiente de la arqueo-minería en el área de estudio, plantea la necesidad de generar una información actualizada contrastable y obliga al establecimiento de una metodología de trabajo que permita localizar, registrar y caracterizar cada uno de los indicios de explotación minera citados en trabajos previos. Es interesante señalar el concepto *análisis morfológico*, entendido como proceso inicial de cualquier trabajo sobre la actividad minera; es decir, el estudio de las características de los restos de las explotaciones mineras, las infraestructuras e instalaciones vinculadas con la actividad, etc. (OREJAS 1996).

En este sentido, la fotografía aérea se presenta como un documento excepcional que permite detectar labores mineras, analizarlas y contextualizarlas, sobre todo en zonas de difícil acceso o visibilidad. Permite la detección de estructuras invisibles desde el suelo (por su escala, cobertura vegetal, grado de alteración, etc.), además de una visión de conjunto de las trazas previamente detectadas de forma fragmentaria para llegar a una lectura global (OREJAS 1995). Además su análisis morfológico per-

mitiría identificar y estudiar restos de las fases de explotación, como pueden ser los pozos o galerías, las acumulaciones de estériles y escorias; las infraestructuras e instalaciones vinculadas a la minería y la metalurgia; etc., además de un acercamiento al poblamiento relacionado con las distintas actividades mineras.

RECONOCIMIENTO VISUAL

Chuvieco (1990) define la fotointerpretación como aquella técnica que permite adquirir información de la superficie terrestre, a través del análisis de imágenes obtenidas mediante su captura con un sensor ubicado fuera de ésta. La recogida de información se basa en la identificación y determinación de las características de los objetos o elementos de la superficie terrestre. La aplicación de esta herramienta está normalizada en diversos campos, entre ellos la arqueología, disciplina en la que cuenta con un uso bastante dilatado como demuestra la revisión de José Carlos Sánchez e Iván Fumadó (2006), en el caso de España, o el trabajo de K. Kvamme (2005), con una perspectiva más amplia. También se ha demostrado como en el reconocimiento de labores mineras tanto en yacimientos concretos como en el paisaje general (OREJAS 1995; HUNT 1996), el análisis visual de imágenes aéreas o fotointerpretación posee gran potencial. Puesto que a menudo, los elementos arqueológicos, ya sean estructuras, áreas de explotación o de otro tipo, muestran una serie de rasgos diferenciales que los hace reconocibles respecto a lo que les rodea.

Sin embargo, es una técnica que requiere el planteamiento previo de una serie de objetivos y no su utilización como un mero tanteo, puesto que es preciso dilucidar si esta técnica permitirá solventar la problemática planteada, por un lado, y si existen otros medios más adecuados para ello, por otro. En nuestro caso, el estudio e interpretación de las fotografías aéreas mediante análisis visual se presenta con un nivel de precisión elevado considerando el tipo de actividad a estudiar. Asimismo, los costes son inferiores a los que conllevaría el reconocimiento superficial de la totalidad del área de trabajo, así como lo es el tiempo de análisis. Con todo, no deja de ser un proceso complejo que exige formación y experiencia previa.

La categorización

Merced a los trabajos realizados en las fases anteriores y una vez familiarizados con el área de trabajo, se alcanza la fase de determinar los elementos con los que se trabajará durante el proceso y de definir la leyenda para la elaboración de una cartografía. Para ello se estableció una triple clasificación: elementos de *carácter lineal* (trincheras de la guerra civil, las líneas de ferrocarril decimonónicas o conducciones hídricas de diversas épocas); *elementos poligonales* (trincheras o rafados mineros, pozos o bocaminas, vacíos, escombreras, acumulaciones de finos, escoriales, hornos de fundición, etc.) y elementos puntuales (para la señalización de elementos destacados).

Identificación de elementos

El reconocimiento e interpretación de los componentes de una imagen aérea se basa en su sometimiento a una serie de criterios visuales que permiten identificar y evaluar los componentes del paisaje, y así reconocer las transformaciones experimentadas por la superficie terrestre de mano del hombre. El empleo de estos criterios (ARNOLD 1997; CHUVIECO 1990; 2006 y, desde una perspectiva

genuinamente arqueológica, KVAMME 2005 y WILSON 2000) constituye otro de los puntos fuertes del análisis visual frente a un tratamiento digital de las fotografías aéreas debido a su mayor complejidad.

La consideración de estos parámetros o pautas constituyó la base para el desarrollo de una correcta interpretación de las fotografías aéreas, ya que contribuyeron a la mejor detección de las anomalías superficiales y a su identificación. Así, por ejemplo, las minas subterráneas son de difícil detección sobre el terreno. En cambio, la observación de micro-alteraciones de la textura y del color del suelo debido a la existencia de vacíos (unido a que normalmente están compuestas por roca estéril o algo mineralizada que dificulta o impide el desarrollo de vegetación), permite un fácil reconocimiento de zonas de extracción minera. No obstante y como se señala en el siguiente apartado, es preciso insistir sobre la importancia de la conjugación de elementos de distinta naturaleza.

Las *pautas visuales* (Fig. 1) que se pueden emplear son muchas y muy variadas; no obstante, las más utilizadas se comentan a continuación:

- Forma y tamaño. La silueta que describen algunos elementos con límites claramente perceptibles y las consideraciones sobre sus dimensiones, ayudan a su identificación. Por ejemplo, la morfología de las trincheras mineras se caracteriza por su gran longitud (en ocasiones kilómetros) y su escasa anchura.
- Sombra. Constituye la solución de planteamientos muy concretos, ya que puede tratarse de un indicador de la microtopografía. Es criterio clave para la identificación de los rafados y de las escombreras modernas por la sombra que proyectan al tratarse de elevaciones o áreas hundidas respecto al conjunto de la superficie.
- Orientación de elementos. A menudo se trata de evidencias orientadas en el sentido de los filones; rafados que siguen la alineación de las mineralizaciones de la zona.
- Textura. Apunta al contraste espacial de los elementos que componen una determinada superficie, lo cual se manifiesta en la suavidad o rugosidad de los tonos grises. Este criterio ha permitido la discriminación entre las áreas de escombreras y los vacíos, mostrando las primeras una textura mucho más rugosa.
- Tonalidad o color. Depende de la energía que incide sobre los objetos y, sobre todo, de la que reflejan, la cual está condicionada por la naturaleza de los elementos y por su capacidad para absorber la radiación. En nuestro caso, las variaciones o anomalías en la tonalidad del suelo pueden designar alteraciones del sustrato geológico original; un mismo material aparece normalmente de un color diferente a los materiales subyacentes, debido a los procesos de degradación físico-química a los que se ven sometidos los materiales en superficie. Esta variación de color en zonas de explotación minera también puede reflejarse cuando los materiales inferiores difieren de los materiales superficiales. Las áreas afectadas por labores extractivas poseen un abanico de colores situado en las tonalidades blancas, o entre gris y azul metálico, ya que se trata de áreas de escasa o nula vegetación (HUNT 1996), pero de máxima reflectividad. Las tonalidades marrones se asocian a vegetación de carácter arbustivo, muy dependiente de la tonalidad del sustrato y normalmente más oscuras ante la existencia de materiales pizarrosos).



Fig. 1. La aplicación de criterios visuales permite identificar en esta imagen varios elementos. Por ejemplo, la textura característica del río y su asociación con zonas deprimidas topográficamente, reconocidas por las sombras, criterio que también se reconoce en los rafados y las trincheras, elementos donde además la tonalidad es muy característica. (detalle de imagen PNOA)

- Asociación o relación que pudieran tener con elementos conocidos. Comprende la localización de los objetos en relación a los elementos vecinos. Es el caso de la existencia de estructuras modernas de forma cuadrangular o rectangular y de tamaño medio sobre los rafados mineros. Cabe suponer que se trata de pozos o bocaminas situados sobre el filón que explotaron estas “rafas mineras”.
- Contexto. Se refiere a la ubicación del elemento en relación con su entorno. Este aspecto fue esencial en la identificación e interpretación de la canalización hidráulica próxima al filón Cortijo Fuente del Rayo de Antoñita. Su ubicación dirigida hacia el lecho de un arroyo determinó su definición como parte integrante del proceso de lavado de mineral (Fig. 2).



Fig. 2. Localización de canalización hidráulica relacionada con el Arroyo del Pilar. (detalle de imagen PNOA)

REVISIÓN DE CAMPO

El empleo de la fotografía aérea como herramienta para el análisis morfológico ha de combinarse con trabajos de campo. En los proyectos de teledetección y fotointerpretación de otras disciplinas esta fase se contempla únicamente como un proceso de familiarización con el terreno, para corregir algunos errores o refinar la clasificación de las diversas categorías que se van a emplear (CHUVIECO 1990, 2006)

A partir de los objetivos programados, este trabajo se plantea con una doble vertiente; por un lado, analizar cómo este proceso de reconocimiento contribuye a la familiarización con las características geológicas y geomorfológicas del terreno y las tipologías de los elementos mineros en la comarca, tales como vacíos, escombreras, pozos, rafados... que posteriormente documentaremos en las ortofotografías. Por otro lado, esta fase se ha planteado como una prospección arqueológica de carácter selectivo, que posibilita la documentación y contrastación de los sitios con testimonios de explotaciones minero-metalúrgicas antiguas ya recogidos en las publicaciones (OREJAS 1995). La información recopilada se centra en aspectos tales como la tipología de los puntos de extracción, la geología del entorno, los materiales y estructuras arqueológicas que se asocian a estos núcleos de extracción y, por supuesto, las características de sus emplazamientos.

Preparación del trabajo práctico

La planificación previa de las prospecciones arqueológicas resulta clave si queremos optimizar el tiempo dedicado a éstas. Por ello, durante la planificación del trabajo se obtuvo una localización aproximada de los sitios que se pretendían visitar a través de la documentación cartográfica, la fotografía aérea, las referencias y descripciones de la bibliografía, y la simbología y toponimia de los mapas topográficos 1/25000.

Todos los sitios, referidos en la bibliografía, que se decidió visitar aparecen ya reflejados en el catálogo de minas de C. Domergue (1987) debido a que la mayoría de los trabajos que tratan el tema de las explotaciones mineras en la comarca están basados en su trabajo. A este respecto hay que tener en cuenta que las áreas a prospectar eran de dominio privado, por lo que el acceso a algunas de ellas resultó imposible, como fue el caso de Fuente La Zarza, Cabeza del Buey o Santo Cristo, en Higuera de la Serena. Por consiguiente, estas zonas se abarcan únicamente desde la fotointerpretación y los datos auxiliares se basan en la documentación preexistente, y no en materiales arqueológicos recogidos en campo. *Grosso modo*, de los doscientos km² de la zona de estudio, los trabajos se centraron en las minas más destacadas por la bibliografía: Majada Hermosa, Gamonita, Tamarindo, La Alondra, conjunto Antoñita, Triunfo y Nueva Estrella, Miraflores, Barrio Nuevo y Lomo de Perro.

Localización previa

Seleccionados los yacimientos, el primer paso consiste en la localización aproximada de la zona. Para ello es necesario un doble procedimiento:

- Transformación de las coordenadas Lambert que Domergue ofrece en su Catálogo (1987), a coordenadas Universal Transversal Mercator (UTM) e introducción de estos puntos en una aplicación SIG.

- A través de un primer reconocimiento de las imágenes aéreas, obtención de zonas de alteración superficial potencialmente asociadas a dichos puntos.

Una vez identificadas las áreas aproximadas a visitar, se situaron en mapas del MTN 1/25000 para conocer las mejores vías de acceso y se les asignó un punto UTM, para una vez en el campo, ayudarnos con un receptor GPS (Global Positioning System) monofrecuencia a situar puntos aproximados. Con el inconveniente de que, en ocasiones, el error diferencial entre los puntos de Domergue y la zona real se desviaban cientos de metros (Fig. 3).



Fig. 3. Variación en la localización de las minas. En ocasiones, la diferencia entre los puntos de bibliografía y la ubicación real de las minas puede superar los 300 metros, como en el caso de la mina Triunfo y Nueva Estrella.

Estrategia de trabajo

Hallados los puntos de interés, el trabajo práctico que se plantea es un estudio intensivo de áreas muy concretas. Se trata de identificar y delimitar elementos que caracterizan los yacimientos minero-metalúrgicos (como pueden ser puntos de extracción o las zonas de procesado de mineral), registrar la geología del entorno, documentar los materiales arqueológicos que se asocian a estos núcleos de extracción y observar las relaciones de éstos con su territorio. Esta labor, en ocasiones, sólo se puede realizar mediante la identificación de anomalías topográficas o teniendo en cuenta la coloración del terreno, que pueden tener relación con labores mineras.

Para la correcta inserción de los yacimientos en un sistema estandarizado de coordenadas terrestres, que permita su situación y localización en los mapas, se ubican las evidencias mediante la toma de posiciones con el GPS, empleando como sistema de referencia la proyección UTM, con Datum ED-50. El tipo de GPS utilizado genera un error aproximado de unos 2-3 m, aceptable considerando el tipo de trabajo que estamos realizando y las dimensiones de los elementos que estudiamos (zonas de actividad minera que, en numerosas ocasiones, llegan a tener centenas de metros de longitud).

La recogida de toda la información, en cada uno de los yacimientos prospectados se ha realizado, además de mediante la toma de puntos con el GPS, a través de una Ficha de Campo. Su uso permite sistematizar la información recogida de los yacimientos y sus entornos, que han sido incluidos en el área de estudio, independientemente de su uso o funcionalidad.

a) *Fotografiado.* Una vez situados los elementos más destacables, se procedió a la documentación gráfica de la zona por medio de fotografías y dibujo arqueológico en los casos en que fue necesario. Finalmente, se cumplimentaron las fichas y se realizaron los croquis necesarios.

b) *Delimitación y caracterización de los elementos.* Situados sobre las zonas marcadas sobre la cartografía y confirmada la presencia de mineralizaciones explotadas, se efectuó una inspección de las áreas de interés. En primer lugar, se realiza un reconocimiento general del impacto de las labores mineras en el entorno para proceder, a continuación, a la caracterización y delimitación de las zonas de actividad extractiva, infraestructuras ligadas a la explotación, desechos de la extracción y, cuando fuese posible, de la actividad metalúrgica desarrollada en las mismas áreas. Ya que el receptor GPS permite memorizar rutas o “tracks”, se pudo realizar con esta herramienta una delimitación geo-referenciada de las zonas de extracción, las escombreras y otros elementos destacados, lo que ofrece grandes posibilidades para un estudio posterior (Fig. 4).

c) *Recogida de materiales.* Se procedió también al registro exhaustivo de la posición de los materiales en superficie con el objeto de delimitar las áreas de mayor concentración de indicios; no obstante, sólo se recogieron formas cerámicas, es decir, aquellas que aportan cronologías y caracterizan usos, así como algunos productos estrictamente metalúrgicos, como son las escorias.



Fig. 4. “Tracks” realizados en campo para la delimitación de filones sobre imagen PNOA. a) Mina Triunfo y Nueva Estrella. b) Mina Antoñita, filón Cortijo Fuente del Rayo.

Gestión y clasificación de la información obtenida

Tras la finalización de cada jornada de trabajo, se procedió en laboratorio a sistematizar estas tareas:

- Informatización del diario de prospección con las notas de apreciaciones sobre geología, tipos de materiales, características del terreno y otras cuestiones destacadas.
- Informatización de los croquis de campo sobre características planimétricas generales de los yacimientos. Digitalización de la información contenida en las fichas a través de su traslado a la base de datos.
- Descarga de fotografías.
- Estudio de materiales. Son muy escasas las minas que aportan materiales que permitan una datación precisa de las labores documentadas. Normalmente, se trata de áreas muy alteradas por el desarrollo de actividades extractivas posteriores y, en la mayoría de los casos, no se localizan materiales en superficie. De ahí que el estudio de estos constituya un aspecto básico a la hora de una caracterización de la actividad extractiva.
- Volcado de los datos del GPS y transformación de estos a un formato legible por un programa SIG. Una de las principales ventajas del reconocimiento visual de las imágenes aéreas frente a la teledetección era la posibilidad de incorporar al proyecto elementos de distinta naturaleza.

CONCLUSIONES

El estado de la investigación arqueo-minera, en nuestra zona y, por supuesto, en Extremadura, se encuentra en momentos iniciales, con las dificultades que ello conlleva. Dentro del proyecto realizado como trabajo final del Máster “Arqueología y Territorio” de la Universidad de Granada, este hecho ha supuesto un importante reto desde el punto de vista metodológico como muestra de la necesidad de establecer una base sólida cara a futuros planteamientos. Es por ello que el desarrollo de pequeñas actuaciones de reconocimiento superficial, conjugadas con el empleo de las fotografías aéreas y su reconocimiento visual se ha revelado como la técnica idónea teniendo en cuenta los requerimientos y objetivos del proyecto. La fotointerpretación ha permitido trabajar con una superficie de terreno amplia y ha proporcionado la necesaria visión global, de cara a la localización, identificación y cartografiado de las características morfológicas de aquellas zonas en que la actividad minera ha generado una huella identificable.

No obstante es necesario insistir en que el análisis morfológico constituye únicamente una fase para la identificación y caracterización de las zonas de explotación minera (pozos, rafados, infraestructuras, etc.) y de producción de metales. Los datos del análisis morfológico y de la identificación han de ser ordenados de manera que sea posible su interpretación tanto a título individual como en un contexto más amplio (OREJAS 1996).

Por ello, como proceso de culminación de este trabajo de interpretación visual de las fotografías aéreas de la zona de trabajo, se contempló la creación de un catálogo que recoge todos los elementos analizados, acompañado de un corpus documental de carácter gráfico y una cartografía individuali-

zada. Y que esperamos publicar próximamente junto a la aproximación a las características productivas de la actividad minero-metalúrgica romana en La Serena, así como su contrastación con un contexto arqueológico más amplio.

En lo que se refiere a aportaciones concretas del análisis morfológico de las evidencias mineras de la comarca de La Serena caben destacar: el establecimiento de un margen de actividad situado aproximadamente entre el 50-40 a. C. y finales del siglo I d. C., y la documentación de evidencias que nos permiten hablar por primera vez de estructuras relacionadas con el tratamiento y la transformación de la mena en la región. Un avance similar se ha producido en aspectos relacionados con el poblamiento antiguo.

Al igual que se ha planteado en otros distritos de Sierra Morena y el sureste peninsular, el análisis de la distribución espacial de los espacios productivos y habitacionales ha demostrado su vinculación con las áreas de extracción del mineral. La ubicación en las proximidades de la bocamina responde a una cuestión práctica, ya que permite una disminución tanto del esfuerzo de acarreo de la mena, para el caso de las estructuras de tratado, como de los tiempos de traslado de los trabajadores, en relación con los espacios sociales.

A pesar del esfuerzo realizado, continúa patente la necesidad de una mayor profundización. En otras áreas mineras hemos visto cómo los resultados ofrecidos por el desarrollo de prospecciones superficiales, enfocadas a una investigación minero-metalúrgica, han permitido una evaluación más precisa de la actividad minera antigua (CONTRERAS *et al.* 2005; GARCÍA ROMERO 2002; HUNT 1996). Atendiendo a perspectivas futuras, la realización de una prospección de carácter arqueometalúrgico, supondría en nuestro caso, la caracterización en detalle de aspectos cronológicos (no olvidemos la problemática surgida cara a una posible minería prerromana y el desconocimiento de época medieval), administrativos, sociales, económicos y de ocupación-explotación territorial.

BIBLIOGRAFÍA

- ANTOLINOS MARÍN, J. A. (2005) “Las técnicas de explotación en las minas romanas de *Carthago Noua*”. En VV. AA., *Bocamina: Patrimonio minero de la región de Murcia*. Pp. 71-85.
- ANTONA DEL VAL, V. M. (1987): “*Plumbum Nigrum*”. *Producción y comercio del plomo en Hispania*. Ministerio de Cultura. Dirección General de Bellas Artes.
- ARANA CASTILLO, R. (1983): “El Horno romano de fundición de La Loma de Herrerías (Mazarrón, Murcia). II, Estudio minero-metalúrgico”. En VV. AA., *XVI Congreso Nacional de Arqueología*. Pp. 937-945.
- ARBOLEDAS MARTÍNEZ, L. (2005): “Fuentes para el conocimiento de la minería y metalurgia romana en el Alto Guadalquivir”. *@rqueología y Territorio*, 2. Pp. 81-108.
- (2007): *Minería y metalurgia romana en el Alto Guadalquivir: una aproximación desde las fuentes y el registro arqueológico*. Tesis doctoral. Universidad de Granada.
- ARNOLD, R. H. (1997): *Interpretation of air photos and remotely sensed imagery*. Salem: Prentice-Hall.
- BAILLY-MAITRE, M. (1993): “Les méthodes de l’archéologie minière”. En FRANCOVICH, R., *Archeologia delle Attività Estrattive e Metallurgiche*. Firenze: Edizioni all’Insegna del Giglio. Pp. 237-261.
- BOIXEREU VILA, E; ALCALDE MOLERO, C. (2006): “Historia minera de la comarca de la Siberia Extremeña (Badajoz)”. Comunicación en *VII Congreso Internacional de Patrimonio Geológico y Minero*. Documento inédito.

- BOIXEREU VILA, E; ASENSIO RUBIO, P. (2004): “Apuntes Históricos sobre la minería en el distrito de Castuera, Badajoz”. En VV. AA., *II Simposio sobre Minería y Metalurgia históricas en el Sudoeste europeo*. Madrid: Pp.395-404.
- CALERO CARRETERO, J. A. (1988): “El complejo termal romano de “La Nava” (Cabeza del Buey, Badajoz). Cuatro campañas de excavaciones (1979-1983)”. En VV. AA., *Extremadura arqueológica I*. Mérida: Dirección General de Patrimonio Cultural. Pp. 155-166.
- CAMPANA, S; FORTE, M. (eds.) (2006): “From space to place. 2nd International Conference on Remote Sensing in Archaeology”. *British Archaeological Reports International Series*, 1568. Oxford: Archaeopress.
- CANO, A. I. (2003): “Aproximación al estudio de la minería del plomo en Extremadura y sus usos en época romana”. *Bolskan*, 20. Pp. 119-130.
- CARNEIRO, A. M. (1998): “Estabelecimentos mineiros romanos na bacia do Guadiana”. *Vipasca*, 7. Pp. 115-121.
- CERRILLO CUENCA, E; MAYORAL HERRERA, V. (en prensa). “Un sistema de prospección arqueológica asistida por SIG libre: diseño, puesta en práctica y perspectivas futuras”. Comunicación en las *III JORNADAS DE SIG LIBRE* (celebradas en marzo de 2010).
- CHICO PAJARES, M. J; RUBIO MUÑOZ, L. A. (1984) : “Materiales mineros romanos del Museo Arqueológico Provincial de Badajoz”. *Museos* 2. Pp. 79-84.
- CHUVIECO, E. (1990): *Fundamentos de teledetección espacial*. Madrid: Rialp.
- (2006): *Teledetección ambiental. La observación de la Tierra desde el Espacio*. Barcelona: Ariel (2ª ed. actualizada).
- CONTRERAS, F; DUEÑAS, J; JARAMILLO, A; MORENO, M. A; ARBOLEDAS, L; CAMPOS, D; GARCÍA, J. A; PÉREZ, A. A. (2005): “Prospección arqueometalúrgica en la cuenca alta del río Rumberal”. En VV. AA., *Anuario arqueológico de Andalucía 2002*, Vol. 2 (Actividades sistemáticas y puntuales). Pp. 22-36.
- DOMERGUE, C. (1971): “Un témoignage sur l’industrie minière et métallurgique du plomb dans la région d’Azuaga (Badajoz) pendant la guerre de sertorius”. En VV. AA., *XI Congreso Nacional de Arqueología*. Pp.608-626.
- (1985): “Algunos aspectos de la explotación de las minas de la Hispania en la época republicana”. *Pyrenae*, 21. Pp. 91-95.
- (1987): *Catalogue des mines et des fonderies antiques de la Péninsule Ibérique*. Madrid: Casa Velázquez. Serie Archeologie VIII.
- (1990): *Les mines de la Péninsule dans l’Antiquité romaine*. Roma.
- FERNÁNDEZ CORRALES, J. M. (1987): “Las explotaciones mineras de la romanización en Extremadura”. *Alcántara*, 10. Pp. 99-107.
- (1988a): “Minería y asentamientos romanos en Extremadura: su problemática”. *Alcántara*, 15. Pp. 107-115.
- (1988b): *El asentamiento romano en Extremadura y su análisis espacial*. (Tesis doctoral) Cáceres: Servicio de publicaciones de la Universidad de Extremadura.
- (1989): “Territorios urbanos y asentamientos mineros romanos en Extremadura”. *Alcántara*, 16. Pp. 131-139.
- FERNÁNDEZ RODRÍGUEZ, M; GARCÍA BUENO, C. (1993): *La minería romana de época republicana en Sierra Morena: El Poblado de Valderrepisa (Ciudad Real)*. Melanges de la Casa Velázquez. Tomo XXIX-1. Pp. 25-50.

FRAGUAS; MENCHERO; URIARTE; CONSUEGRA; DÍAZ-DEL-RÍO; VICENT. (2009): “Patrimonio Arqueológico e Infraestructuras de Datos Espaciales: la IDE de Casa Montero”. En prensa (véase la web de las “VI Jornadas Técnicas de la IDE de España”).

GARCÍA ROMERO, J. (1988): “El aprovechamiento minero de la comarca de Los Pedroches durante la época romana”. En VV. AA., *Actas del I coloquio de Historia Antigua de Andalucía*. Córdoba.

-(2002): *El papel de la minería y la metalurgia en la Córdoba romana*. Tesis doctoral Universidad de Córdoba.

-(2003): “Hornos de fundición y fusión empleados en la metalurgia romana en la provincia de Córdoba”. *Habis*, 34. Pp. 201-212.

GARCÍA SANJUÁN, L. (2005): *Introducción al reconocimiento y análisis arqueológico del territorio*. Barcelona: Ariel, (1ª ed.) Colección Ariel Prehistoria.

GÓMEZ RAMOS, P. (1999): “Capítulo II. Transformación del mineral en metal.” En GÓMEZ RAMOS, P. « Obtención de metales en la Prehistoria de la Península Ibérica». *British Archaeological Reports International Series*, 753. Oxford: Archaeopress. Pp. 19-43.

GUTIÉRREZ GÁRATE, M; RUBIO ANDRÉS, M^a A. (2007): *Cartografía geológica española del IGME*. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España.

HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ, F; GALÁN DOMINGO, E. y MARTÍN BRAVO, A. M. (2009a): “El proyecto Villasviejas de Tamuja. Análisis global de un asentamiento prerromano”. En SANABRIA MARCOS, P. J. (coord.) *Lusitanos y vettones: los pueblos prerromanos en la actual demarcación Beira Baixa, Alto Alentejo, Cáceres*. Pp. 161-180.

HERNÁNDEZ Hernández, F; MARTÍN Bravo, A. M^a y GALÁN Domingo, E. (2009b): “A la vista de las murallas: Análisis arqueológico del entorno del castro de Villasviejas de Tamuja (Cáceres)”. *Complutum*, vol. 20. N° 1. Pp. 109-132.

HUNT Ortiz, M. A. (1994): “Minería y metalurgia prerromanas. Las minas de Aznalcóllar”. *Revista de Arqueología*, 158. Pp. 36-41.

-(1996): “Prospección arqueológica de carácter minero y metalúrgico: fuentes y restos”. *Acontia. Revista de Arqueología*, 2. Pp. 19-28.

-(1998) “Plata prehistórica: recursos, metalurgia, origen y movilidad”. *Studia Archaeologica*, 88. Pp. 247-289.

-(2005): “La explotación de los recursos minerales en Europa y la Península Ibérica durante la Prehistoria”. En VV. AA., *Bocamina: Patrimonio minero de la región de Murcia*. Pp. 3-19.

HURTADO PÉREZ V; HUNT ORTIZ, M. A. (1999): “Extremadura”. En DELIBES DE CASTRO, G; MONTERO RUIZ, I. (coord.). *Las primeras etapas metalúrgicas en la Península Ibérica. II Estudios regionales*. Madrid: Instituto Universitario Ortega y Gasset. Pp. 241-274.

JIMÉNEZ ÁVILA, F. J. (1989-1990): “Notas sobre la minería romano-republicana bajoextremeña: las explotaciones de plomo de la Sierra de Hornachos (Badajoz)”. *Anas*, 2/3. Pp. 123-134.

KVAMME, K. L. (2005): “Terrestrial Remote Sensing In Archaeology”. En MASCHNER, H. Y CHIPPINDALE, C., *Handbook of Archaeological Methods*. AltaMira Press.

MANGAS, J; OREJAS, A. (1999): “El Trabajo en las minas en la Hispania Romana”. En RODRIGUEZ NEILA et al. *El trabajo en la Hispania Romana*. Madrid: Silex. Pp. 207-313.

MAYORAL HERRERA, V; BOIXEREU VILA, E; ROGER SALGUERO, M. I. (2010): “Paisajes mineros en la comarca de la Serena entre la protohistoria y el período romano: estado de la cuestión y perspectivas futuras”. En GUTIÉRREZ SOLER, L. (Ed.). *Minería antigua en Sierra Morena*. Jaén: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Jaén.

- MAYORAL HERRERA, V; CERRILLO CUENCA, E y CELESTINO PÉREZ, S. (2009): “Métodos de prospección arqueológica intensiva en el marco de un proyecto regional: el caso de la comarca de La Serena (Badajoz)”. *Trabajos de Prehistoria*, 66. Nº 1. Pp. 7-26.
- MÉLIDA, J. R. (1925): *Catálogo monumental de España. Provincia de Badajoz*. Madrid: Ministerio de Instrucción Pública y Bellas Artes. Publicidad Artística Hispania S.A.
- MONTUFO MARTÍN, A. M. (1997): “Aplicaciones de la teledetección en arqueología. Una revisión crítica”. *Cuadernos de Prehistoria de la Universidad de Granada*, 16□17. Pp. 425□451.
- OREJAS, A. (1995): *Del “marco geográfico” a la Arqueología del Paisaje*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Monografías 15.
- (1995-96): “Territorio, Análisis Espacial y Arqueología del Paisaje”. *Stvdia historica*, 13-14. Pp. 61-68.
- (1996): “Arqueología de los paisajes mineros antiguos en la Península Ibérica”. *Brocar*, 20. Pp. 7-29.
- (1998): “El estudio del Paisaje: visiones desde la Arqueología.”. *Arqueología Espacial*, 19-20 Pp. 9-19.
- (2005): “El desarrollo de la minería en la Hispania romana.” En AA.VV, *Bocamina: Patrimonio minero de la región de Murcia*. Pp. 61-69.
- OREJAS, A; SÁNCHEZ-PALENCIA, F. J. (2007): “Mines et formes de colonisation des territoires en Hispanie occidentale”. En LÉVÈQUE. *Journeys through European Landscapes*. Pp. 101-105.
- ORTIZ ROMERO, P. (1998): “Consideraciones sobre las Minas de Castuera en Época Romana (1)”. *Antaño*, 0. Pp. 9-11.
- (1999): “Consideraciones sobre las Minas de Castuera en Época Romana (y II)”. *Antaño*, 2. Pp. 8-9.
- (1991): “Excavaciones y sondeos en los recintos tipo torre de la Serena”. En VV. AA., *Extremadura arqueológica. I Jornadas de Prehistoria y Arqueología en Extremadura*. Mérida. Pp. 301-317.
- ORTIZ ROMERO, P; RODRÍGUEZ DÍAZ, A. (1986): “Avance de la primera campaña de excavación en el recinto-torre de Hijovejo (Quintana de la Serena, Badajoz) Sondeo núm.2”. *Norba*, 7. Pp. 25-42.
- (1990): “Poblamiento prerromano y recintos ciclópeos de La Serena, Badajoz”. *Cuadernos de prehistoria y arqueología*, 17. Pp. 45-66.
- PÉREZ MACÍAS, J. A. (1986): “Generalidades para la clasificación de las escorias en las prospecciones y excavaciones arqueológicas”. *Habis*, 17. Pp. 565-573.
- (1996): *Metalurgia extractiva prerromana en Huelva*. Huelva: Universidad de Huelva.
- RAMALLO ASENSIO, S.F. (1983): “El Horno romano de fundición de La Loma de Herrerías (Mazarrón, Murcia). I, Estudio histórico-arqueológico”. En VV. AA, *XVI Congreso Nacional de Arqueología*. Pp. 925-936.
- ROMERO DE CASTILLA, T. (1896): *Inventario de los objetos recogidos en el Museo Arqueológico de la Comisión Provincial de Monumentos de Badajoz*. Badajoz: El Progreso. Pp. 103-121.
- SÁNCHEZ PARDO, J. C. y FUMADÓ ORTEGA, I. (2006): “Aerial archaeology in Spain: Historiography and expectations”. En CAMPANA, S y FORTE, M. (eds.). “From space to place. 2nd International Conference on Remote Sensing in Archaeology” *British Archaeological Reports International Series*, 1568. Oxford: Archaeopress.
- SCHMIDT, R. G; AGER, C. M; GIL MONTES, J. (1999): “A study of Roman mining and metallurgy and their environmental consequences at Plasenzuela, Extremadura, Spain”. En YOUNG; POLLARD; BUD; IXER. “Metals in Antiquity”. *British Archaeological Reports International Series*, 792. Pp. 234-242.

SOMOZA DE LA PEÑA, D.B. (1875): *Nuevos tesoros: opúsculo geográfico-topográfico, geológico-minero-histórico de una parte de la provincia de Badajoz con una rápida ojeada de la minería española*. Madrid.

URIARTE GONZÁLEZ, A. (2009): “Teledetección y arqueología”. En VV. AA., *Actas de las Cuartas Jornadas de Patrimonio Arqueológico en la Comunidad de Madrid*.

URIARTE GONZÁLEZ, A; VICENT GARCÍA, J. M; CHAPA BRUNET, T; MAYORAL HERRERA, V; PEREIRA SIESO, J.; CABRERA DÍEZ, A. (2008): “Elaboración de mapas de usos potenciales del suelo a partir de datos de teledetección para estudios de arqueología del paisaje: Las sociedades protohistóricas en el valle del Guadiana Menor (Andalucía oriental)”. En ROVIRA LLORENS, S; GARCÍA-HERAS, M; GENER MORET, M; MONTERO RUIZ, I. (eds.). *VII Congreso Ibérico de Arqueometría*.

VV.AA. (1987): *La minería en Extremadura*. Mérida: Consejería de Industria y Energía, Dirección General de Industria, Energía y Minas, D.L.

VV.AA. (2007): *Mapa Metalogenético de Extremadura a escala 1:250.000*. Instituto Geológico y Minero de España y Junta de Extremadura.

WILSON, D. R. (2000): *Air photo interpretation for archaeologist*. Charleston, South Carolina: Arcadia Publishing.