© Juan Carlos Guisado di Monti jcguisado@lapisspecularis.org http://www.traianvs.net/

La ingeniería minera romana del *lapis specularis* en *Hispania*

María José Bernárdez Gómez
Juan Carlos Guisado di Monti
jcguisado@lapisspecularis.org
mjbernardez@lapisspecularis.org

La extracción del cristal del Imperio

«*Hispania es profusa en metales de plomo, hierro, cobre, plata y oro, la Citerior posee lapis specularis, la Bética cinabrio*». (Plinio el Viejo: *Naturalis Historia - Libro III-30).*

Estas palabras de la *Historia Natural* del naturalista latino *Plinio el Viejo*, resumen en líneas generales, la realidad más significativa en cuanto a la riqueza y principal producción del panorama de la minería romana en Hispania.

Junto a la abundancia patente en la multitud de lugares y zonas de explotación en la Península Ibérica de la minería metálica romana, *Plinio* menciona también, adscribiendo a la *Citerior*, al *lapis specularis* como uno de los recursos mineros más característicos e importantes de las tierras hispanas.

La piedra especular hispana o *lapis specularis*, es una variedad mineralógica del yeso (sulfato cálcico dihidratado: $CaSO_4 \cdot 2H_2O$), denominada como yeso selenítico o selenita. Este recurso minero, se encuentra presente en la naturaleza bajo tierra, en filones y vetas geológicas de gran pureza y transparencia encajadas a su vez, dentro de otros yesos estratificados y microcristalinos que hacen de roca caja.

Su configuración cristalina y laminar, permite la exfoliación y el lajado de las capas que constituyen su estructura, de manera que con facilidad, es posible separar y obtener de un bloque o placa de yeso, varias láminas de mineral del espesor adecuado y lo suficientemente diáfanas como para poder ser utilizadas y comercializarse.

LÁMINA I: Sala de explotación en la mina romana de *lapis specularis* de "La Mora Encantada" en Torrejoncillo del Rey (Cuenca), iluminada para su adecuación turística. *(Fotografía Felipe Morales Orozco).*

El *lapis specularis* fue empleado en época romana gracias a su transparencia principalmente para nuevas aplicaciones arquitectónicas y constructivas, entre cuyos usos el más demandado y conocido, sería aquel que lo relaciona con su utilización como acristalamiento o cierre arquitectónico transparente de vanos y ventanales de todo tipo.

Junto a sus destinos como cristal de ventana, el *lapis specularis* sería también utilizado cómo piedra ornamental con la que revestir de manera decorativa las paredes y los suelos de las edificaciones, añadiendo además un notable efecto estético en sus aplicaciones, al valerse de la propiedad que su reflejo y brillo producía cuando la luz (natural o artificial), incidía sobre los apliques y las superficies de espejuelo.

LÁMINA II: *Módulos* o *crustae* de yeso especular y de formato rectangular hallados durante la excavación del centro de procesamiento "A", inmediato a la mina "El Pozo" (OV-I-3), en la localidad de Osa de la Vega (Cuenca). *(Fotografía Alejandro Navares Martín).*

LÁMINA III: Excavación arqueológica de un pozo minero de sección cuadrangular en el yacimiento arqueológico de "Las Obradás" en Osa de la Vega (Cuenca). *(Fotografía María José Bernárdez Gómez).*

Las fuentes historiográficas de la época, mencionan al *lapis specularis* como un mineral de amplio espectro en cuanto a sus usos y funciones, así como a un elemento empleado sobre todo en la construcción, pudiéndose encontrar y referenciar en variados ámbitos de la vida cotidiana de la sociedad romana.

La minería del *lapis specularis* jugaría en los comienzos de nuestra Era, un papel destacado entre los recursos lapídeos más demandados e incorporados en los programas arquitectónicos de las ciudades, y en las construcciones urbanísticas puestas en marcha especialmente, en las nuevas ciudades y en las diversas edificaciones que se desarrollaron con profusión durante el periodo Altoimperial.

La civilización romana se describe e identifica en esencia por su importante carácter urbano, en donde el concepto de ciudad responde a una compleja y articulada organización que, necesariamente, debe de contar con un conjunto de construcciones, tanto públicas como privadas, que incluyan y desempeñen la totalidad de las funciones y de los ámbitos constructivos posibles: cultual y religioso, conmemorativo, residencial, cívico, funerario, de ocio y espectáculos, etc.

La expansión territorial y de conquista de Roma supuso, con la integración de los nuevos lugares geográficos y de los espacios urbanos de las regiones anexionadas al Imperio (en especial de la zona de oriente), una verdadera universalización y revolución arquitectónica, al difundir e incorporar al panorama urbanístico y constructivo, tanto las distintas técnicas de edificación conocidas, como la aplicación de los más singulares recursos (por su procedencia y naturaleza), y de los más diversos materiales de obra.

Entre las exigencias técnicas que se consideraban fundamentales en las nuevas edificaciones, se encontraba la de la búsqueda de soluciones que pudieran compatibilizar y hacer posible la necesidad de grandes espacios constructivos, junto con la imprescindible iluminación de los mismos, mediante el empleo a ser posible de luz natural, garantizando igualmente la habitabilidad de estos ambientes con la adecuada protección ante las inclemencias y los rigores del tiempo.

Los ingenieros y constructores romanos, supieron y pudieron construir gracias a las técnicas conocidas, así como por el empleo fundamental del *caementum* o cemento romano, grandes y monumentales edificaciones con fuertes muros y amplias cubiertas que a su vez, contaban con sus correspondientes vanos y huecos en paredes y techos, para poder iluminar eficazmente el interior de los edificios.

La demanda de un material adecuado con el que cubrir los ventanales y vanos, para que pudiera pasar la luz del sol y resguardar de la intemperie fue resuelta, por aquel entonces, mediante el empleo de diversos métodos y soluciones que fueron aplicados con mayor o menor éxito.

Así, entre las medidas más utilizadas y sencillas, se encontraba el cierre de los vanos con contraventanas o cerramientos de tablazones de madera en los que se practicaban pequeñas aberturas por donde junto a la luz, entraba el aire y la temperatura exterior. La abertura de la contraventana o de los elementos del cierre de madera, sin duda, permitía junto a la

ventilación de la estancia, el aprovechamiento lumínico que podía proporcionar el ventanal, cerrándose o entornándose a voluntad por la noche o cuando las inclemencias atmosféricas así lo recomendasen. Sin embargo, esta opción no resolvía por completo un cerramiento efectivo, dejando la estancia expuesta a las condiciones climatológicas del exterior.

Para mejorar el sistema, una vez abierta la contraventana o cierre, se recurrió a colocar en el espacio libre del vano diversos cortinajes, más o menos translúcidos, que paliasen y pudieran adaptarse (según hiciera frío o calor), a las necesidades de cada momento. Aunque, estos materiales textiles, volvían a ser una solución muy condicionada e igualmente bastante deficiente para conseguir el paso diáfano de la luz y el aislamiento climático de los aposentos.

En la búsqueda de un cerramiento adecuado, se acudió también a recursos de naturaleza orgánica como pudo ser el uso de pieles y de vejigas de animales, estas últimas, gracias hasta cierto punto a su semitransparencia, tamizaban en parte la luz y resguardaban de manera rudimentaria de la intemperie. A pesar de las grandes pérdidas térmicas, por el escaso aislamiento que proporcionaban, serían bastante utilizadas en los pequeños vanos de los espacios domésticos, sobre todo por las clases sociales más humildes.

No obstante, el sistema más valorado y práctico que mejor aplicación pudo tener como ventanales en época romana, sería junto con el uso del vidrio plano de batea, la utilización de algunos elementos lapídeos que por su transparencia y composición, pudieron utilizarse como acristalamientos y aislantes más o menos translúcidos. Estos materiales pétreos, precederían o acompañarían al vidrio, como alternativas al empleo progresivo y generalizado del mismo.

Los distintos recursos minerales que, con mayor o menor transparencia y fortuna fueron explotados, y cumplieron esencialmente con esta función, hicieron las veces de "cristal del Imperio" en su aplicación y según su condición, desde en los hogares más humildes, hasta en las casas de los aristócratas y poderosos. Así, fueron utilizados tanto en las residencias palaciegas o incluso en los aposentos de los propios emperadores, cómo en edificaciones públicas y privadas de toda índole y condición.

El *lapis specularis* junto a estos otros materiales lapídeos similares, cumplía perfectamente las características requeridas de dejar pasar la luz de sol de forma más o menos diáfana y de resguardar climatológicamente las construcciones, al aislar y proteger confortablemente de las inclemencias de la temperatura y de otras manifestaciones naturales como la lluvia, el granizo o el viento.

Su buen comportamiento mecánico y su resistencia como material lítico, hacían de la piedra especular en algunos aspectos un recurso incluso técnicamente superior al vidrio. Por ejemplo en su uso como claraboyas, donde el impacto del pedrisco o un fuerte aguacero no solía ocasionar su ruptura o vencimiento, al contrario que el vidrio, mucho más frágil y fácil de quebrar al manipularse o transportarse.

Igualmente, contaba con una serie de ventajas y características consustanciales a las propiedades naturales del yeso especular, entre las que se encuentran ser un excelente aislante acústico y térmico para las construcciones, así como su buena defensa frente al fuego debido a sus propiedades ignífugas.

Como material de cubierta, el yeso especular se podía montar en grandes paneles de una única pieza, aunque lo más lógico, efectivo, y económico, consistía en ensamblar varios módulos de espejuelo estandarizados y más manejables, a modo de vidrieras en bastidores regulables que conformaban un sistema de acristalamiento adaptable y aplicable perfectamente al tamaño requerido de cualquier vano. Este sistema de encastre de placas (*incrustatio* o *interraso*), posibilitaba desarrollar y cubrir espacios de dimensiones considerables, al poderse ampliar y graduar tanto el bastidor, como los soportes o armazones sustentantes según se quisiera.

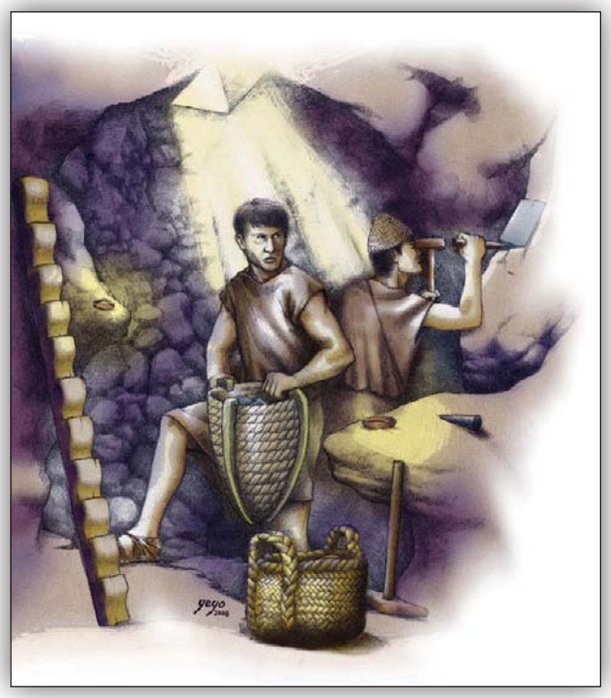

LÁMINA IV: Ilustración gráfica de una escena figurada sobre los trabajos mineros de interior en las minas romanas de *lapis specularis*. (*Dibujo Yeyo Balbás Polanco*).

LÁMINA V: Junto con Hispania las explotaciones de *lapis specularis* se desarrollaron en Italia (identificadas en la región de Bolonia), en Sicilia, África Proconsularis, Chipre y Capadocia. En Capadocia también se explotó el *lapis penghites*, mientras que en Arabia se utilizaba otra piedra de naturaleza translucida. De todas, tal como describen las propias fuentes escritas, las minas hispanas serían las más reputadas en cuanto a calidad y cantidad. (Gráfico del Proyecto Cien mil pasos alrededor de Segóbriga – Fuente *Plinio el Viejo*).

Las bases de estos armazones, solían ser de madera por su disponibilidad y fácil trabajo, utilizándose también estructuras y celosías de cerámica, piedra y otros soportes, incluyendo los enrejados de hierro. Sobre éstos, se montaban cristaleras de yeso que se adaptaban tanto a las bases metálicas, cómo a los emparrillados y a las diversas formas de todo tipo de rejas.

Los textos clásicos de la época, y sobre todo *Plinio el Viejo*, nos informan de otros lugares del orbe romano donde también se practicaron explotaciones mineras de *lapis specularis*. Así, junto con Hispania y, según *Plinio*, en tiempos del Imperio había también minas de *lapis specularis* en Italia, Sicilia, África, Chipre y Capadocia.

Las minas de la Italia peninsular, debían corresponder con la zona de yesos de la región de Emilia-Romaña (en las cercanías de Bolonia, en el Parque Regional de la Vena de Yeso). *Plinio el Viejo* menciona que en estas explotaciones, se encontraban pequeñas franjas de yeso especular que se hallaban encajadas y formando parte de rocas mucho más duras.

En Sicilia, se localizan también yacimientos de yeso transparente y selenítico, siendo actualmente la zona más conocida y con mejores cristales de yeso en este enclave, la del área geológica en torno a la ciudad de Agrigento, aunque desconocemos la confirmación arqueológica de los posibles lugares de trabajos mineros que, en época romana, se desarrollaron en la isla.

Las explotaciones de África seguramente puedan relacionarse con la antigua provincia romana de *África Proconsularis*, donde en la actual Túnez, se hallan yesares y depósitos minerales de yeso translúcido. Igualmente la isla de Chipre, cuenta con importantes yacimientos minerales de yeso de distintos tipos, siendo la variedad más abundante la del yeso de tipo fibroso, aunque también hay formaciones de yeso cristalizado. El filósofo griego *Teofrasto*, menciona el yeso de Chipre en su tratado *"Sobre las Piedras"*, refiriéndose a él como de gran calidad, remontándose la tradición y el uso del mismo desde el periodo minoico.

Por último, en Capadocia, una de las provincias del Imperio de Asia Menor, abundan las formaciones de margas yesíferas del periodo terciario. Junto a la referencia de *Plinio* a la minería del *lapis specularis*, *Estrabón* en su *Geographiká (XII-2)*, menciona igualmente que en Capadocia, se extrae la piedra transpa-

LÁMINA VI: Placa de *lapis specularis* cajeada para su extracción en el interior de la mina del "Pozo Lacueva" en la localidad alcarreña de Torralba (Cuenca)**.** *(Fotografía José Martínez Hernández).*

rente para ventanas y para la exportación, así como otra serie de recursos minerales similares, como el ónice y el cristal de roca.

Plinio describe y diferencia también como procedente de Capadocia al *lapis penghites,* comparándolo en su aplicación con el *lapis specularis.* Según Plinio, el emperador Nerón construyó con este mineral los ventanales de un templo dedicado a la diosa Fortuna, conocido también como templo de Sejano y cuyo origen inicial, fue al parecer una edificación consagrada por el rey de Roma *Servio Tulio.* Con posterioridad, Nerón acabaría incorporando este edificio como dependencia privada a su *domus aurea.*

En el relato pliniano, el *lapis penghites* se detalla como un mineral duro como el mármol y de aspecto blanquecino, con vetas de color amarillento y algo traslúcidas en las zonas en que tenía las franjas. En su utilización como ventanales del templo, matizaban la iluminación del día y a diferencia del transparente *lapis specularis,* la luz parecía quedar atrapada dentro del panel en lugar de traspasarlo, actuando como una membrana luminosa que producía en el interior del santuario un ambiente difuso y a la vez matizado, gracias al efecto veteado de las placas.

Por el contrario, el historiador romano *Suetonio,* describe en el siglo II d.C. al *lapis penghites* en un pasaje de su obra *De vita Caesarum* o *Vida de los doce Cesares,* donde al referirse al emperador Domiciano, comenta que tal era el miedo que Domiciano tenía ante una agresión o atentado contra su vida, que mando guarnecer y cubrir la galería por la que solía pasear con la piedra denominada *penghitas,* la cual gracias a su superficie pulimentada, reflejaba los objetos y le permitía ver como en un espejo, las imágenes de todo lo que sucedía a sus espaldas.

Las características y particularidades del mineral reseñado en uno y otro pasaje, no parecen corresponderse con un mismo recurso pétreo, ya que si para Plinio este mineral es de color blanco, con un veteado translúcido y puede absorber la luz, Suetonio lo describe como pulimentado y capaz de reflejar las imágenes de lo que acontece a su alrededor.

Sin duda y pese a llamarlas con la misma denominación, se trata de dos piedras distintas que, posiblemente en el primer caso se podría identificar con un alabastro, u otro tipo de yeso, ónix e incluso un mármol, mientras que en la cita de Suetonio, se ha querido reconocer y probablemente pueda tratarse de una mica.

En época romana, no se clasificaban ni citaban las piedras por su composición geológica ni química, sino más bien por alguna de sus características o relación que pudiera identificarlas, como su apariencia externa, su cualidad de talla, su textura, o la semejanza con algún objeto, el empleo al que se destinaban o el uso que del material pudiera obtenerse, e incluso también por su procedencia geográfica.

La nomenclatura que solía aplicarse a un mismo mineral, podía ser tan variada como los diversos y múltiples lugares del Imperio, por lo que dos minerales de semejante aspecto, forma o color, pero distintos en constitución química y estructura cristalina, podían ser perfectamente catalogados y relacionados como el mismo mineral y mencionarse ambos con un solo nombre.

Esta clasificación en su momento tan heterogénea, ha propiciado que en la actualidad, la identificación de los diferentes recursos minerales explotados por los romanos y especialmente en lo referido al material lapídeo, continúe hoy en día confundiéndose y, sistematizándose en algunos casos de manera errónea y prolongada.

Por ejemplo el propio *lapis specularis,* en ocasiones es tipificado como un cuarzo, talco o una mica, cuan-

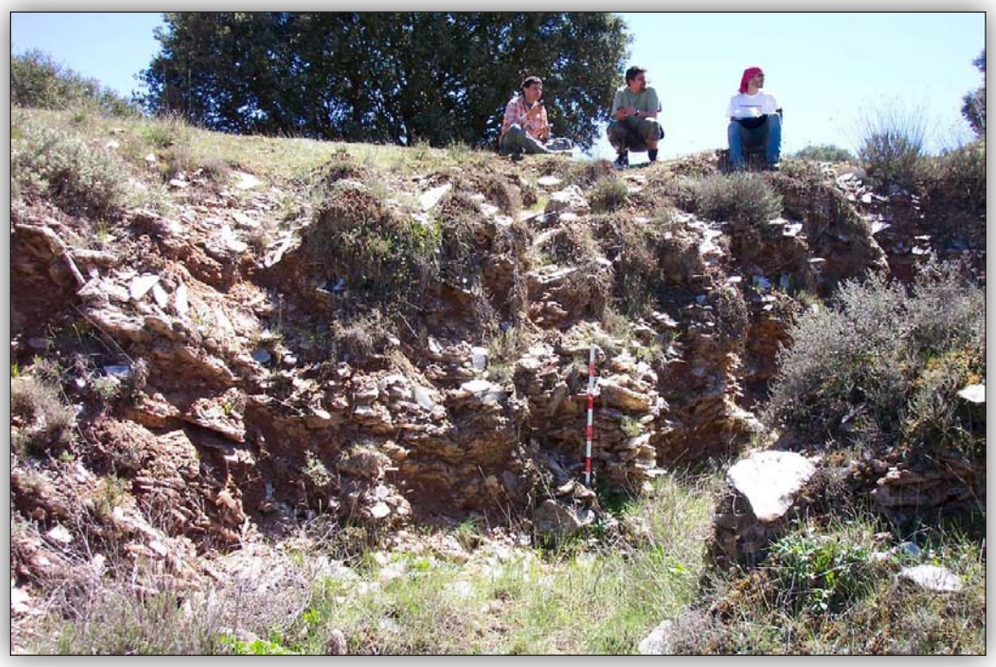

LÁMINA VII: Nivel y potencia de las escombreras del procesado y corte del yeso especular, en el complejo minero de *lapis specularis* de "Los Espejos", en Huete (Cuenca). (*Fotografía María José Bernárdez Gómez*).

LÁMINA VIII: Interior de la mina romana de *lapis specularis* del "Pozo Lacueva" de Torralba (Cuenca). En la imagen pueden observarse formaciones de megacristales de yeso especular de varios metros de desarrollo. *(Fotografía Juan Carlos Guisado di Monti).*

do en lo referente a los minados de *Hispania*, el yeso selenítico o yeso espejuelo, puede contextualizarse arqueológicamente de forma más que comprobable y considerable en los centenares de minas y escombreras con toneladas y toneladas de material que, aún hoy, perduran en el coto minero.

El desigual registro y explicación que *Plinio* y *Suetonio* hacen en su caso del *lapis penghites*, puede ser perfectamente entendible en un contexto antiguo donde es más importante el significado de lo narrado, que la naturaleza del mineral en cuestión. Por lo tanto, los textos historiográficos de época clásica, no se deben tratar como axiomas o datos absolutamente precisos, sino que sus explicaciones y la información que aportan y transmiten, deben ser tratadas y valoradas indisolublemente en los contenidos y situación de la época, interpretándolos desde su correcta traducción latina y desde el conocimiento arqueológico que se tiene cada vez más, sobre la mineralogía antigua.

De todos los recursos identificados o interpretados como *lapis specularis* por su aplicación más característica en su empleo como el mejor cerramiento transparente para vanos y ventanas, serían tal como describen las propias fuentes escritas de la antigüedad, las minas del *lapis specularis* hispano. Éstas fueron, con mucho, las mejores y más reputadas del Imperio por su calidad y por la cantidad de su producción.

EL CRISTAL DE HISPANIA UN RECURSO MINERO DE LA *CITERIOR*

La identificación de los lugares de producción del *lapis specularis* en Hispania, vuelve a tener a *Plinio el Viejo* como el mejor informador de la época en que se llevaron a cabo las explotaciones mineras. Conviene recordar que *Plinio* en el año 74 *d.C.*, desempeñó una procuraduría al servicio del emperador *Vespasiano* que probablemente, le llevaría a conocer de primera

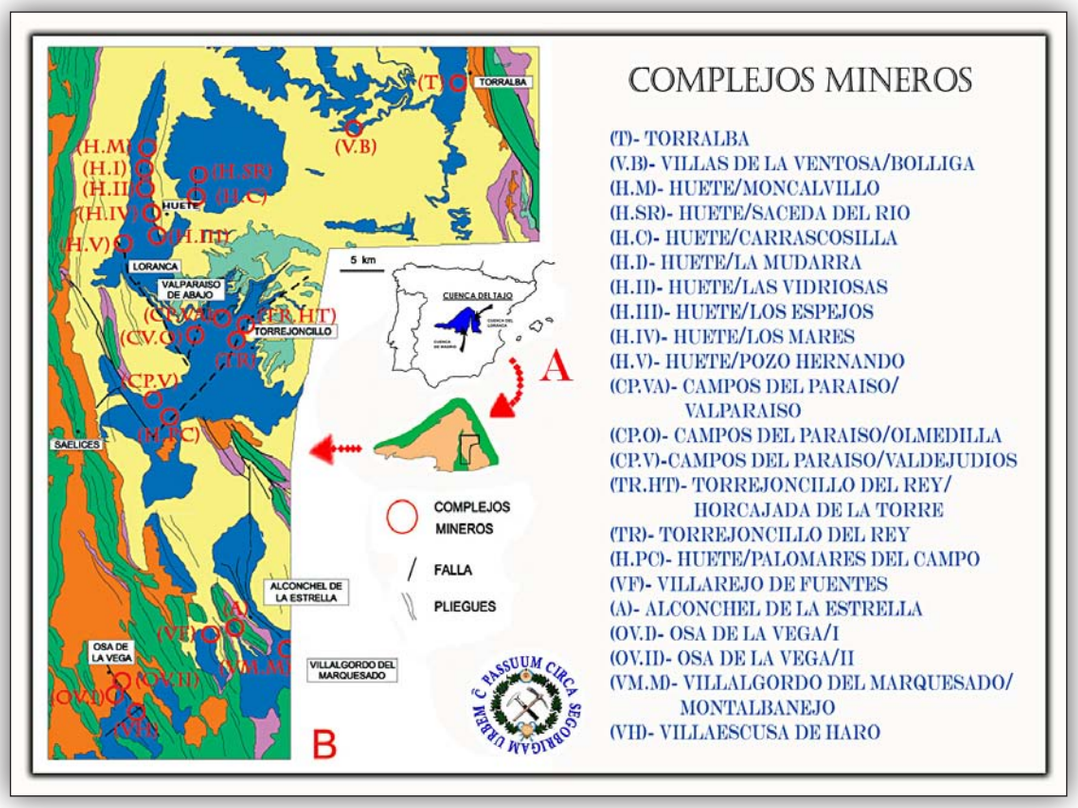

LÁMINA IX: Complejos mineros de la Provincia de Cuenca en Castilla-La Mancha. *(Gráfico Margarita Díaz Molina).*

mano y en su calidad de funcionario del Estado, las minas de yeso cristalizado de la *Citerior*, ya que en sus textos, son frecuentes las referencias de diversa índole sobre la piedra especular.

Hoy en día su obra de Historia Natural, se reinterpreta y explica más que como un tratado enciclopédico del saber de la época, como un posible estudio o trabajo general de documentación e información al servicio y empleo del poder Imperial, en donde, junto al conocimiento temático y el desarrollo de las más variadas materias, era necesario inventariar y referenciar de manera fehaciente los recursos y las posibilidades materiales de los distintos bienes con que contaba el Imperio.

Así y en su obra, aparte de la temática relacionada con las características del mineral y su industria, *Plinio* menciona al *lapis specularis* como uno de los recursos mineros de la provincia de *Hispania Citerior*, informando en una de sus citas que las explotaciones mineras ocupan y se extienden en torno a un espacio de unos cien mil pasos romanos (unos 150 kilómetros), alrededor de la ciudad hispanorromana de *Segóbriga*.

Los trabajos y actuaciones llevados a cabo hasta ahora, han permitido confirmar la considerable extensión e importancia de este distrito minero en Castilla-La Mancha, donde la consecuencia más significativa del desarrollo de esta minería del yeso especular, sería la existencia y creación de los numerosos complejos mineros romanos repartidos por el territorio donde se llevaba a cabo la explotación y el procesado del mineral de espejuelo.

La distancia relativa entre la más meridional de estas explotaciones y la más septentrional, viene a suponer una trayectoria lineal de unos ciento sesenta kilómetros, distancia que se ajusta a la medida de las cien millas romanas de longitud que *Plinio* atribuye al espacio productivo de las minas, y en los que la ciudad de *Segóbriga*, es mencionada como lugar central y de referencia geográfica en torno a donde se sitúan los complejos mineros de *lapis specularis*.

Junto a *Segóbriga*, otras ciudades y núcleos principales romanos de la región relacionados con el territorio minero y sus complejos, serían la ciudad de *Ércavica* (Cañaveruelas), *Opta* (Huete), y los yacimientos del *Cerro de Valdelosantos* (Culebras-Villas de la Ventosa), y el *Cerro de la Virgen de la Cuesta* (Alconchel de la Estrella).

A partir de los complejos mineros, se articularía también gran parte del resto del poblamiento de la comarca, en donde la mayoría de la población, se vería implicada de una forma u otra en los trabajos y en la logística necesaria para el funcionamiento del minal, así como con la dinámica generada por las explotaciones.

LÁMINA X: Galería romana en una de las minas de *lapis specularis* de Almería *(Fotografía Javier Crespo Martín).*

La industria minera, facilitaría la creación de un poblamiento estructurado y ordenado en torno a las minas, donde se llevarían a cabo trabajos sistemáticos y diferenciados funcionalmente por la precisa especialización que demandaban las distintas labores mineras, tanto por el personal que trabajaba en ellas, como por los núcleos poblacionales concretos que desempeñaron trabajos específicos y determinados de apoyo y servicio a las mismas.

Los complejos mineros cuentan a su vez, con una serie de indicios e infraestructuras generadas por la actividad minera, así como con un importante entramado arqueológico relacionado y asociado con dichas labores, como pueden ser los espacios de almacenaje y logística, la red viaria que discurre por el territorio, los centros de procesamiento del mineral y el resto de yacimientos afines a las minas.

Las intervenciones y prospecciones arqueológicas realizadas, muestran un inventario y distribución actual en la región de Castilla-La Mancha de unos veinticinco complejos mineros romanos de *lapis specularis*, de los cuales veinticuatro se hallan en la provincia de Cuenca y uno en la provincia de Toledo. El territorio en donde se localizan las explotaciones, se extiende a través de tres regiones naturales que comprenden zonas geográficas de la Sierra, la Alcarria y la Mancha, y que incluyen e integran hasta el presente, a quince términos municipales de la comunidad castellano manchega.

Estos complejos mineros, varían entre unos y otros en función del tamaño y la extensión superficial del yacimiento minero que explotan; y según la composición y el número de las labores e infraestructuras con las que cuentan. Así, se da el caso tanto de pequeños complejos mineros, que tienen y benefician tan sólo a un minado o a unas cuantas minas, como de grandes complejos mineros que ocupan un área considerable, con más de un centenar de minados e importantes yacimientos arqueológicos en consonancia con la actividad extractiva efectuada.

El inventario y la perspectiva actual en la minería romana del *lapis specularis* de la región de Castilla-La Mancha podría posiblemente ampliarse con el descubrimiento de nuevas áreas de explotación de este material, especialmente en zonas no prospectadas aún de la provincia de Toledo y algún que otro posible lugar de Cuenca.

Por otra parte, como primicia están los nuevos e inéditos descubrimientos que se han llevado a cabo en la Comunidad Autónoma de Andalucía, concretamente en la provincia de Almería, con el hallazgo de importantes zonas mineras de explotación romanas de *lapis specularis*.

La región almeriense cuenta con abundantes mineralizaciones de yeso y forma parte también, de una de las principales áreas de minería histórica de época romana de la península. La zona minera del Sudeste sería uno de los primeros contactos que Roma tendría con los minerales ibéricos, constatándose la presencia arqueológica de materiales romanos en yacimientos mineros desde comienzos del siglo II *a.C.*

En lo concerniente a la provincia de Almería, las labores romanas beneficiaron intensamente filones metálicos de cobre, plata y plomo, especialmente en Pilar de Jarabia, Herrerías y Sierra Almagrera, así como el oro de Rodalquilar.

Con respecto a los materiales lapídeos, los mármoles almerienses fueron explotados en las canteras de Macael el Viejo, Chercos y Lubrín entre otros sitios. Su excelente calidad, permitió que fueran ampliamente utilizados y se localicen en lugares tan relevantes como el Teatro romano de *Emerita Augusta* o la ciudad de *Italica*.

A diferencia de los mármoles y otros recursos pétreos, el *lapis specularis* se gestionaba mediante minería de interior y no por canteras a cielo abierto. Los

hallazgos de Almería, al igual que los minados del territorio castellano-manchegos, utilizaron el método de minería subterránea de cámaras y pilares para explotar los yesos cristalinos almerienses.

Hasta ahora los enclaves mineros que hemos podido identificar en un primer acercamiento realizado para confirmar la autoría romana de las labores extractivas, comprenden zonas concretas de los términos municipales de Sorbas, Arboleas y Almería[1]. No obstante, no se descartan otras áreas susceptibles de contar también en su territorio con minería romana de este mineral.

Como conclusiones básicas de lo que ha sido una primera aproximación a esta realidad minera, los enclaves de Almería comprenden zonas mineras de cierta extensión y entidad, con minas subterráneas que presentan desarrollos importantes y que cuentan con sus propios pozos y redes de galerías, en similitud con lo conocido hasta ahora en los minados del interior peninsular.

Los centros de procesamiento del mineral y sus escombreras, parecen también posicionarse en lugares próximos a las bocaminas, siendo el método de extracción y los sistemas de arranque, transporte y tratamiento del mineral, los mismos que los de las minas de espejuelo que ya conocemos. Igualmente, los restos de materiales arqueológicos del interior y exterior de las minas almerienses, parecen corresponderse en su mayoría con elementos materiales contextualizados sobre todo en época Altoimperial.

Aún es pronto para dimensionar y hacer una estimación de la nueva realidad de los enclaves mineros andaluces de *lapis specularis*, aunque en una valoración inicial, podemos concluir que no se trata de minas aisladas, sino de verdaderos complejos mineros organizados y dotados de sus correspondientes infraestructuras y redes de servicios.

El desconocimiento y ausencia de datos hasta ahora sobre estas minas romanas, puede deberse e interpretarse según lo sucedido igualmente hasta hace unos años en la región castellano-manchega, donde a pesar de las evidencias arqueomineras romanas, el tratarse de minas subterráneas, junto con el mimetismo de las explotaciones de yeso al confundirse con el propio paisaje natural, propiciaron unido a la falta de especialistas en la materia que hubieran realizado una prospección sistemática de la zona, que las minas no fueran lo suficientemente conocidas y reconocidas en su existencia e importancia.

LÁMINA XI: Pozo minero romano de una explotación romana de yeso especular en Almería. *(Fotografía María José Bernárdez Gómez).*

En el caso de Almería, los pozos y las galerías de las explotaciones mineras romanas de yeso, se han llegado a confundir e interpretar en su conjunto como vestigios y trabajos de minería moderna, a pesar de no ser así. Los restos arqueológicos y las numerosas manifestaciones de las técnicas e indicios de la actividad de explotación, indican claramente la adscripción de algunas de las labores almerienses al periodo romano y su interés preferente en beneficiar los lugares cuya mena fuera la del yeso espejuelo.

Estos nuevos descubrimientos, suponen una excelente oportunidad de investigar la ingeniería minera romana del yeso cristalizado en esta zona, a la par que posibilitaría incidir y comprender la importancia que el llamado cristal hispano desempeñaría, tanto en la romanidad de esta nueva área y territorio productivo de *lapis specularis*, como en el conjunto de las explotaciones que de este recurso minero se llevaron a cabo en Hispania.

1 **Agradecemos a la** *Sociedad de Amigos de Sorbas* y especialmente a su presidente *Andrés Pérez Pérez*, los datos aportados para que, acompañados por ellos, por miembros de la Federación Andaluza de Espeleología, y por técnicos de la Delegación de Cultura de Almería, pudiéramos ratificar y confirmar como especialistas en la materia, la adscripción de los trabajos mineros como pertenecientes al periodo romano y en concreto a la explotación de yesos cristalizados.

LA INGENIERÍA MINERA ROMANA DEL YESO ESPECULAR

En la actualidad, a partir de los datos arqueológicos obtenidos, podemos pensar que fue en torno al cambio de Era, y con más seguridad durante el gobierno de *Octavio Augusto*, cuando las minas hispanas de *lapis specularis* fueron puestas en explotación de forma sistemática. Sólo a partir de *Augusto* se dieron las condiciones adecuadas para la puesta en marcha de estas minas, si bien la población indígena de la zona, había realizado extracciones elementales de mineral, a nivel de minería de circunstancia, ya en época prerromana.

EL TRABAJO DE LOS PROSPECTORES ROMANOS

Una labor previa e ineludible, y por tanto de gran importancia en cuanto a la explotación minera propiamente dicha, es la búsqueda del mineral y de sus indicios mineros mediante la prospección del terreno. Sin duda, los prospectores romanos realizaban su trabajo de una forma metódica y altamente eficaz, pues la gran mayoría de las minas metálicas y no metálicas de importancia, fueron descubiertas y puestas en labor por ellos.

No obstante, casi con seguridad debieron valerse de la experiencia empírica y de los datos e información proporcionada por los habitantes de la zona, para localizar los yacimientos de espejuelo. Una vez localizados éstos, se efectuaba algún tipo de sondeos o calicatas de exploración para comprobar la calidad y la posible *ratio* de producción del mineral, y en el caso de obtener unos resultados positivos de viabilidad, comenzar la explotación.

EL LABOREO EN LA MINA

Una vez seleccionado el yacimiento minero, se hacía necesario el acceso al mineral. Para ello se practicaban diferentes procedimientos, ya que no sólo se practicaron entradas en rampa, sino también pozos verticales que facilitaban un rápido alcance en profundidad a la mena beneficiable.

En cada mina, habitualmente eran realizadas una, o como máximo dos entradas en plano inclinado, que posibilitaban el uso de caballerías de pequeño porte para extraer y transportar el mineral hasta el exterior. Esto ha sido atestiguado en alguno de los yacimientos de *lapis specularis*, si bien no se puede generalizar a la totalidad, y en todo caso, el uso de estos animales estaría circunscrito a las áreas más cercanas a los accesos en horizontal o en rampa de las minas.

LÁMINA XII: Escaleras romanas de acceso a la mina de *lapis specularis* de La Mora Encantada en Torrejoncillo del Rey (Cuenca). *(Fotografía Javier Morales Orozco).*

Sin embargo, la mayoría de los accesos al interior del minado se realizaba mediante la excavación de pozos verticales. Estos pozos cumplían distintas funciones, no sólo la de extracción de mineral, sino otras de gran importancia, como la aireación del interior de la mina, la intercomunicación y acceso entre los distintos niveles o pisos subterráneos, así como contribuían a proporcionar iluminación natural. Los pozos se convierten así, en los elementos esenciales y en las unidades básicas de explotación del yacimiento.

En cuanto a la extracción al exterior del espejillo, para facilitar la labor, los pozos debían situarse con una separación no demasiado elevada, en torno a los 20-30 metros de distancia entre uno y otro, y en ocasiones menos, ya que de esta forma se agilizaba el acarreo del mineral por las galerías, y el material sufría un menor deterioro. En el exterior de los pozos se construían unas instalaciones elementales con tornos y poleas, desde donde elevar el espejuelo hasta la superficie.

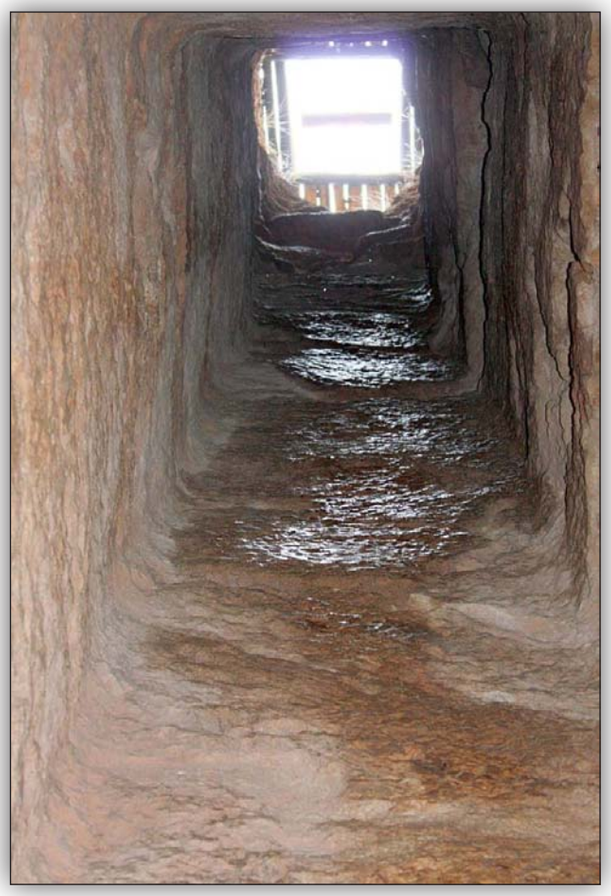

LÁMINA XIII: Pozo de extracción en la mina de "La Mora Encantada" en Torrejoncillo del Rey. En la parte superior se aprecia el emboquille de la reproducción de un torno minero de madera. (*Fotografía: José Martínez Hernández).*

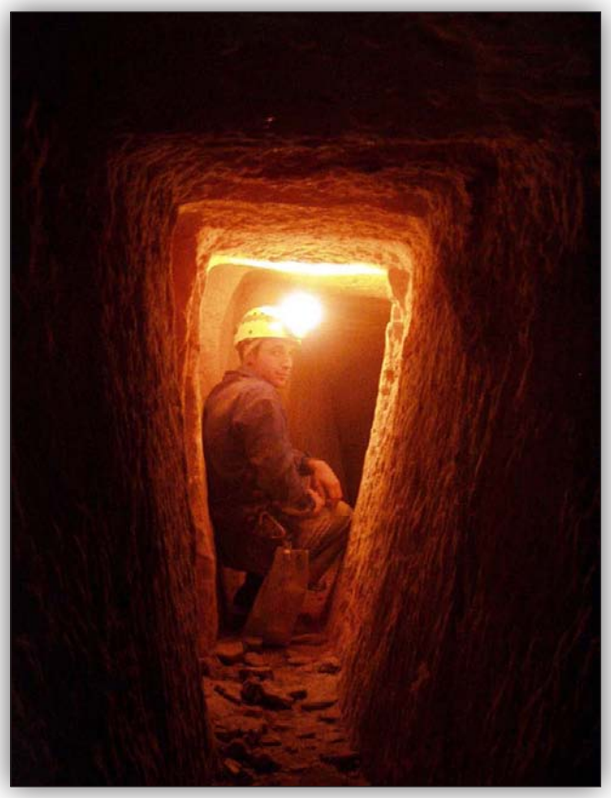

LÁMINA XIV: Galería de intercomunicación de sección trapezoidal en el interior de las minas romanas de "La Mudarra" en Huete (Cuenca). (*Fotografía: Rafael Villar Moyo)*

La morfología de estos pozos es bastante similar en todas las minas estudiadas. En su gran mayoría son de sección cuadrangular, o rectangular, con unas dimensiones medias de 2,20 x 2 metros de lado, y una profundidad en torno a los 30 metros. La forma cuadrangular, facilitaba la instalación de diferentes estructuras de apoyo a la extracción, siendo los pozos circulares bastante escasos en estas explotaciones.

En general, los pozos al estar excavados en la roca de yeso masivo, presentaban una alta estabilidad, por lo que no contaban con ningún tipo de entibamiento inicial, que sí se hacía necesario en el caso de estar excavados en otro tipo de formaciones más inestables, como en el caso de los terrenos con presencia de arcillas.

En las paredes de los pozos se constata la existencia de oquedades y entalladuras, utilizadas para instalar una serie de travesaños de madera que servían a modo de escala, así como otras pequeñas oquedades, realizadas en las paredes de los pozos, y situadas de forma oblicua, para a modo de escalera rudimentaria facilitar el ascenso rápido de los mineros, ayudándose también de cordajes y sogas. Las paredes se tallaban de forma bastante regular a base de mazos y punteros, documentándose también la ejecución de pozos mineros que se comenzaron desde dentro de la mina hasta la superficie.

La distribución interior de las explotaciones de espejuelo, aparentemente se desarrolla de forma caótica e intrincada, mostrando una configuración de aspecto predominantemente laberíntico. No obstante, esta morfología responde, por una parte al tipo de mineralización existente, dada la mayor o menor presencia en el subsuelo de megacristales, y a los procesos previos de karstificación geológica que tuvieron lugar en el terreno.

En líneas generales, en el diseño de las labores de interior, podemos diferenciar tres tipos de galerías mineras en las explotaciones de espejillo, atendiendo no sólo a su funcionalidad, sino a su morfología, ligada íntimamente con ésta. Así, por una parte se distinguen las galerías de extracción o explotación propiamente dichas, por otra las galerías de progresión y comunicación interzonal, y por otro lado, las

de exploración, aunque en este último caso podrían ser consideradas como una especie de sondeos o catas exploratorias en un esbozo de galería, o incluso formar un simple fondo de saco.

La articulación y distribución interior de la mina, sigue un esquema básico de explotación, utilizándose el método de "cámaras y pilares" aplicado en minería subterránea. Los pozos principales del minado, se suelen corresponder con cámaras o salas, de dimensiones variables, aunque éstas pueden alcanzar diámetros en torno a los 50-60 metros. Normalmente la presencia de salas, se encontraba condicionada a la aparición de grandes bolsadas de mineral, de forma que, una vez extraído éste, sirvan como espacios desde donde centralizar la logística y la organización de los trabajos mineros. De estas salas parten a su vez las diversas galerías siguiendo los filones mineralizados.

Por tanto, la aparente distribución caótica (de gran parte) del interior de la mina, se debe, no al azar, o a una desorganización en la planificación técnica de los trabajos, sino exclusivamente a la aparición o no del yeso especular en el yeso microcristalino, marcada por la formación geológica de la zona explotada, y a los procesos de karstificación de esos terrenos.

Los yesos miocenos en los que se localiza el *lapis specularis* explotado por los romanos, han sido afectados a lo largo del tiempo por diferentes fases de karstificación. La actuación del karst en los terrenos yesíferos con sus procesos de disolución y erosión, crearon en superficie y en el subsuelo, una serie de fracturas y cavidades de las que supieron aprovecharse los romanos tanto para la exploración y cuantificación previa de la concentración del mineral, como para la explotación propiamente dicha. De esta forma, los frentes de explotación se sitúan de manera preferente en las zonas donde se encuentran los canales kársticos preexistentes, facilitando en gran medida su trabajo, el avance y progresión por el te-

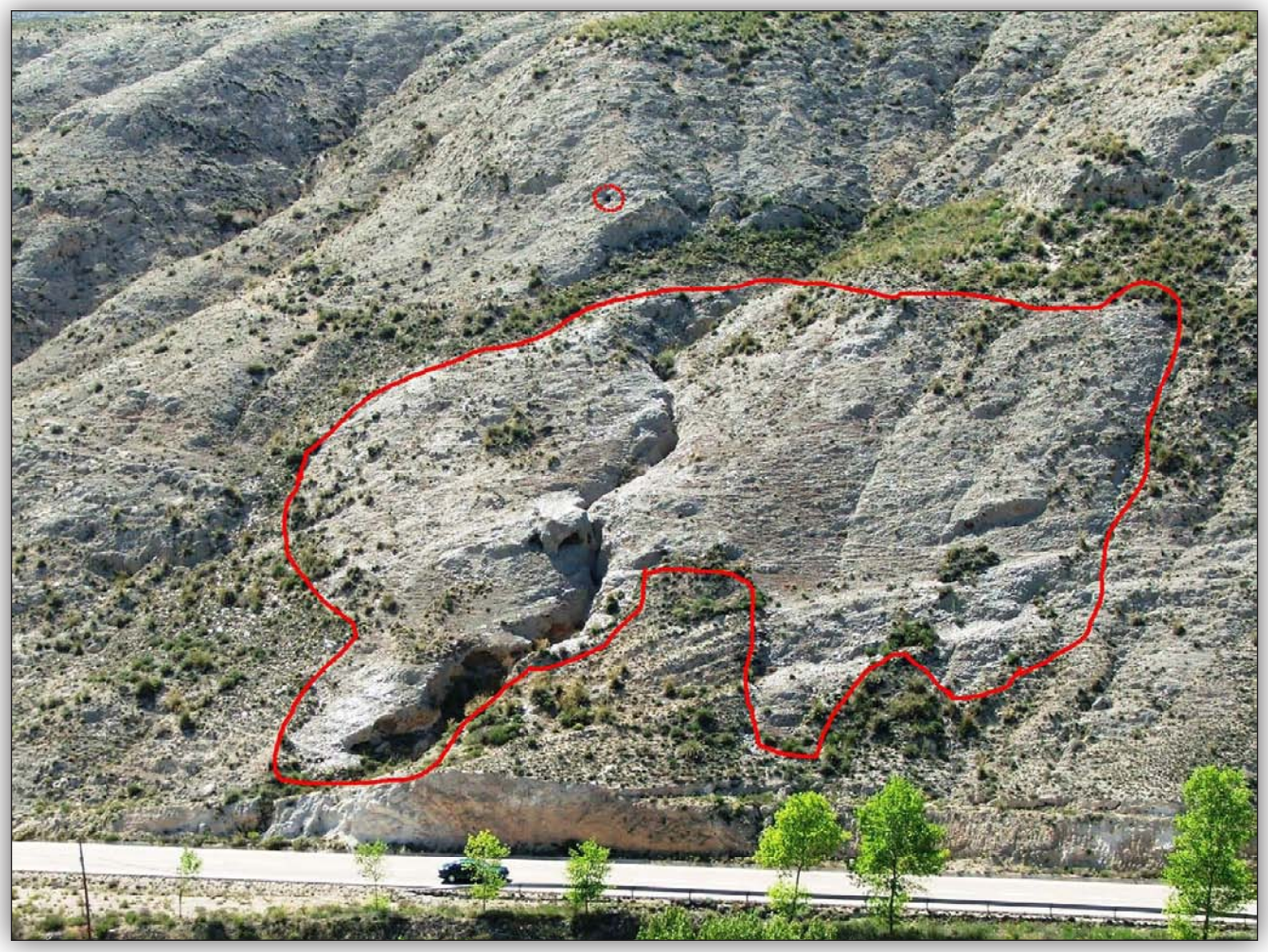

LÁMINA XV: Escombreras (remarcadas en color rojo), de la mina romana de espejuelo de "Inocente López" en Saceda del Río (Huete - Cuenca). En círculo pequeño más arriba y en rojo, acceso de una galería minera de la misma.
(Fotografía Juan Carlos Guisado di Monti).

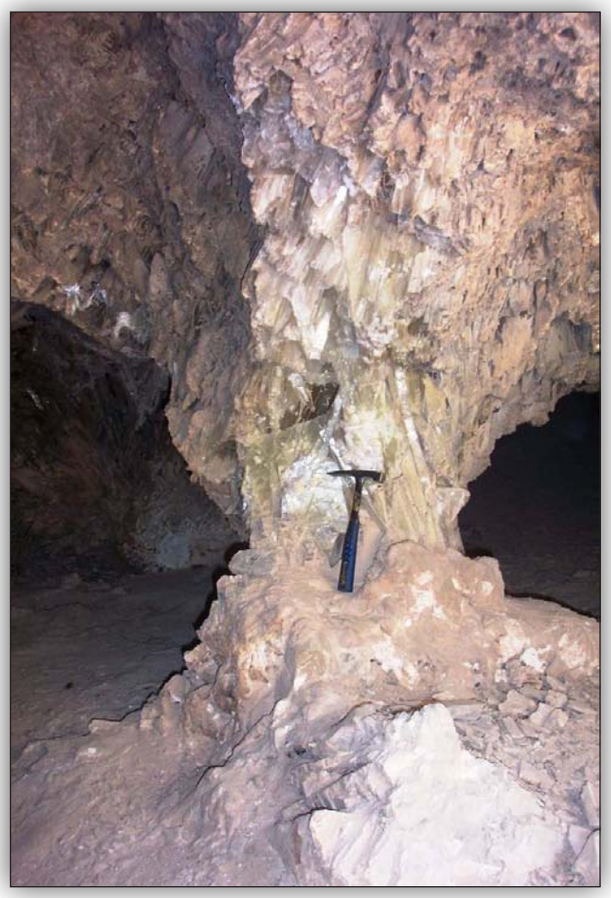

LÁMINA XVI: Pilar o columna sustentante de yeso especular en la mina romana de "La Mudarra" en Huete (Cuenca). *(Fotografía Juan Carlos Guisado di Monti).*

rreno, así como un más fácil acceso al mineral y a su extracción.

Contrariamente a lo que pudiera pensarse a simple vista, la desigual distribución del mineral en el interior del terreno, junto con la existencia y presencia o no de los canales de bóveda, obligaba a diseñar de forma estricta el laboreo, y por tanto el trazado interno de la mina, conjugando de forma práctica la efectividad con la rapidez, sin dejar de lado la estabilidad y seguridad de las labores, imprescindibles para la explotación.

Sin duda los ingenieros de minas romanos, presumiblemente técnicos militares a cargo de los trabajos, elaboraron levantamientos topográficos previos y planos de labores de las minas que servirían para orientar y racionalizar de forma efectiva la mejora de la explotación, programando y diseñando la dirección de la red de galerías y el desarrollo interno de las mismas en función de las características geotécnicas del terreno y de las vetas de mineralización.

En las minas de yeso especular no solemos hallar entibados y refuerzos en madera, por encontrarse excavadas en yeso masivo, microcristalino y bastante estable. Los ingenieros romanos, aquí intentaban evitar los terrenos que supusieran un riesgo para la seguridad, y en el caso de que fuera necesario la extracción de mineral en una zona poco segura, se entibaba de forma provisional, para una vez finalizados los trabajos mineros en ese lugar, retirar los hastiales y soportes de madera utilizados, y posteriormente, rellenar totalmente de estériles la galería o el pozo inestable.

No sólo se rellenaban con estériles las zonas peligrosas, sino que el material de escombro era depositado igualmente en galerías ya explotadas, mediante el conocido como "principio de transferencia", que contribuía a optimizar en gran medida el trabajo, al evitar que parte de los restos inservibles, se extrajeran hasta el exterior para depositarlo en escombreras, lo que suponía un gran esfuerzo suplementario. Las galerías, junto con las zonas beneficiadas, ya explotadas y abandonadas eran rellenadas con el estéril, pero no en su totalidad, de manera que aún fuera posible el paso y tránsito por ellas, para poder acceder a otros sectores del minado.

Por tanto, la seguridad en las labores mineras era determinada, no sólo por la propia naturaleza de los terrenos, sino por la planificación de los ingenieros romanos. Éstos, conjugaban el aprovechamiento máximo del mineral con las premisas de seguridad y del mantenimiento de la infraestructura minera, utilizándose ingeniosas soluciones técnicas, entre las que se encuentran tanto aseguramientos verticales, del tipo de pilares o columnas, como horizontales, con el empleo de las llaves y apuntalamientos que afianzaban zonas de grietas o inestabilidad.

En el caso de que la mineralización descienda en profundidad, se trazaban nuevos pozos, escaleras y descensos en rampa que comunicaban el nivel superior de la mina, con la zona explotable de cotas inferiores. Así, en algunas de las minas de yeso especular nos llegamos a encontrar hasta cinco niveles o pisos diferentes de explotación.

El alcance de una mayor profundidad de explotación, conllevaría asimismo la necesidad de solucionar nuevos problemas técnicos, como sería el de la presencia del agua en los niveles extractivos. Hoy en día, nos encontramos con que gran parte de los pisos inferiores de las minas se encuentran inundados, lo que nos impide acceder en algunos casos a la máxima profundidad o tajo limite al que llegaron los mineros romanos en las minas de *lapis specularis*.

Estas zonas inundadas se deben al alcance del nivel freático, junto con el aporte de las precipitaciones

procedentes del exterior y a la propia condensación interna. Por el momento, no hemos hallado indicios arqueológicos que nos indiquen qué métodos de desagüe utilizaron los mineros, pero en todo caso no se han constatado la existencia de galerías inclinadas que llevaran el agua hacia el exterior, ni de otras soluciones técnicas documentadas tanto en minas peninsulares como del resto del Imperio, como es el caso de las norias de extracción, el uso de tornillos de Arquímedes o de otros ingenios.

Si bien, estos últimos artificios no deben descartarse en el caso de la minería del yeso especular, si podemos presuponer el uso de otros medios más elementales, basados en la utilización de cestos y espartones de esparto embreados, con los que se elevaba y evacuaba el agua que anegaba los niveles inferiores. El agua acumulada en la mina, se utilizaría también para regar con ella las galerías y zonas con elevada concentración de polvo de yeso en suspensión, para así facilitar la aireación y el trabajo de los operarios.

LÁMINA XVII: Escena de recreación histórica en el interior de una de las minas de *lapis specularis* de Castilla-La Mancha, en concreto sobre la iluminación con lucernas en el interior subterráneo de las minas. *(Fotografía Juan Carlos Guisado di Monti).*

LA ILUMINACIÓN

Otro problema técnico al que debían prestar mayor atención con el alcance de una cota de mayor profundidad, era el de la iluminación. Esta necesidad, si bien existía igualmente en los niveles superiores del minado, en gran parte se solucionaba con el aporte de luz natural procedente de las entradas y pozos que comunicaban con el exterior. Estos accesos contribuían a la iluminación general de los pisos más superficiales, e incluso podían suponer hitos orientativos en el interior, pero para la extracción de las placas de mineral era necesaria una iluminación más intensa y concentrada. En algunos casos, en las grandes salas, se sirvieron de antorchas o teas, según los indicios arqueológicos localizados, aunque la iluminación más utilizada era la proporcionada por las lucernas mineras.

Aunque en las minas de yeso especular también se emplearon en menor medida lámparas o lucernas domésticas, hemos constatado arqueológicamente el uso de otra clase de lucernas, que fueron utilizadas de forma mayoritaria. Se trata de un tipo de lucernas mineras de pequeñas dimensiones, que no superan los 6 cm. de diámetro máximo, con un disco que, generalmente tiene una decoración incisa geométrica, y que están realizadas a molde.

Igualmente, en estas minas fueron utilizadas otras lucernas elaboradas de forma aún más elemental y sencilla, consistentes en pequeños cuencos ovalados, con una piquera apenas esbozada y unas dimensiones también entre 5-6 cm. de diámetro.

La industria y fabricación de las lucernas mineras utilizadas en las minas de *lapis specularis*, funcionaba sobre patrones simplificados y estandarizados, basados en la ejecución cerámica de elementales y funcionales lámparas de reducido tamaño, que no requerían un complejo nivel técnico en su elaboración y que permitía su rápida producción.

Las lucernas se situaban en unas pequeñas oquedades talladas a intervalos más o menos regulares, en las paredes de las galerías, o en los frentes de trabajo, de forma que, iluminaran el paso de los mineros, y posibilitaban el laboreo y la extracción de las placas. Estos lucernarios, que servían de soporte a las lucernas, están situados de forma estratégica, a una altura algo más elevada del nivel de los ojos de los trabajadores, a fin de proporcionar una buena iluminación para el trabajo. El combustible utilizado, era normalmente aceite vegetal, y a pesar de su reducida capacidad, ésta era suficiente para proporcionar luz durante un tiempo estimado en torno a unas cinco horas de duración.

La combustión de una de estas lámparas, consume unos 25-30 litros de oxígeno en una hora, más o menos lo mismo que un hombre en reposo; de ahí la importancia de una adecuada aireación de las labores interiores, conseguida a base de pozos y contrapozos, entre los distintos niveles del minado, a fin de permitir la ventilación necesaria para el trabajo, y la entrada del oxígeno preciso para la combustión de las lámparas.

EL UTILLAJE MINERO

Las herramientas utilizadas por el minero, resultaban un elemento clave en la explotación del yacimiento. Según las evidencias arqueológicas, predominaba el instrumental metálico, en su mayor parte de hierro, que les posibilitaba no sólo horadar las galerías, y pozos, sino extraer las placas de yeso especular.

Las huellas de estas herramientas están presentes en las superficies de trabajo, e incluso en ocasiones, la herramienta se ha partido, quedando parte de ella incrustada en la roca. Así, se ha documentado la utilización de cinceles de punta cuadrangular, con los que se tallaban los pozos y se regularizaban las galerías, ayudándose de mazos, y con los que igualmente, se piqueteaba el contorno de las placas de yeso espejuelo para facilitar su arranque.

Para la progresión por salas y galerías mineras eran utilizados picos y piquetas, comprobándose, en ocasiones, la utilización de picos romos, o rotos, para el avance por los terrenos arcillosos. Junto con estas herramientas, también se utilizarían serruchos, tenazas, punteros y otros utensilios, que conformaban el utillaje empleado en las minas.

La utilización de estas herramientas, hacía necesario tener los filos metálicos a punto con su constante reafilado y reparación. En las excavaciones arqueológicas realizadas en el paraje de "Los Espejares" (Osa de la Vega, Cuenca), se documentó la existencia de varios hornos-fragua, situados a boca de mina, que servían para la fabricación, el arreglo y rectificación del instrumental minero.

Además de la reparación efectuada en las fraguas, estas herramientas se debían aguzar o amolar de forma continuada. También en excavación, hemos localizado piedras de *moliz* o de afilar, en su mayor parte de arenisca, que facilitaban la abrasión y rehabilitaban los filos metálicos. A partir de los datos proporcionados por *Plinio el Viejo*, las piedras de afilar (*mola* o *cos*), se utilizaban ayudándose de agua y aceite; mientras que el aceite deja un filo suave, el agua lo hace más acerado. Las mejores afiladeras de la *Citerior* que, según las fuentes se llegaban a cebar con saliva humana, procedían de la región y de las canteras hoy documentadas de *Laminium* (Alhambra, Ciudad Real).

Aparte del indispensable instrumental metálico, el minero contaba con otro tipo de materiales, necesarios para su trabajo, como la madera, el esparto, y otras fibras vegetales. Al tratarse de materiales perecederos, apenas nos quedan vestigios de ellos, pero sin duda contaron con todo tipo de sogas y cordajes de esparto, no sólo para sacar al exterior la piedra especular, sino que los mismos mineros se ayudarían de estas sogas, insertadas en anclajes y anillas horadadas en la roca, para moverse con seguridad en sus tránsitos entre los distintos niveles de las minas.

El esparto y otras fibras, se hacían necesarios para la fabricación y manufactura de espuertas, serones, y cestos, con los que se acarreaba el mineral por las galerías y se sacaba al exterior. Igualmente y como ya hemos mencionado, una vez embreados para impermeabilizarlos, los cestos de esparto servían de contenedores para evacuar el agua que inundaba en ocasiones las instalaciones mineras.

LÁMINA XVIII: Huella de un puntero romano en una placa de *lapis specularis*. La impronta del impacto en el propio yeso, se corresponde con la marca de un puntero aguzado de sección cuadrangular. (*Fotografía: Manuel Arlandi Rodríguez).*

LÁMINA XIX: Escena de recreación y experimentación histórica en las minas de *lapis specularis* de Castilla-La Mancha, en concreto detalle de la extracción del mineral con torno y útiles de esparto. *(Fotografía Juan Carlos Guisado di Monti)*

Como parte de la indumentaria minera, varias piezas de la vestimenta de los mineros romanos se realizarían en fibra de esparto, entre los que se incluían rodilleras, calzados, riñoneras, gorros y un sin fin de útiles confeccionados con esta singular planta. La industria del esparto está muy ligada a la del yeso especular, así en las inmediaciones de las minas se localiza de forma abundante, no sólo en su variedad silvestre, sino que en su momento se realizó un importante cultivo de ella, conscientes de sus múltiples aplicaciones, y reglamentándose incluso su recolección.

Con respecto a la minería de *lapis specularis*, el tipo de trabajo realizado en las minas y su elevada dificultad técnica, unido a los necesarios conocimientos topográficos y de planificación de las labores que se llevaron a cabo, no hacen sino confirmar la implicación y asistencia de personal previsiblemente perteneciente al ejército, que actuarían como ingenieros técnicos y como cuerpo de administración en el coto minero, reforzando la idea de la adscripción de estas minas a un dominio claramente imperial.

Los territorios mineros del *lapis specularis*, como el resto de los recursos mineros en época Altoimperial, pertenecían y eran propiedad del Estado, y en su caso como bienes situados en una provincia de rango imperial, como es la *Citerior*, su gestión competía y revertía al fisco o bien directamente al emperador que, seguramente, no explotaría directamente las minas, sino que a semejanza con otros distritos mineros también monopolios estatales como el lusitano de *Vipasca*, pondría en práctica un régimen de concesiones mediante el arrendamiento de las minas y de fiscalidad sobre las mercancías del coto minero, en donde el objetivo prioritario sería la obtención de un desarrollo económico vinculado a la ganancia fiscal, materializada esta última en la obtención directa de dinero efectivo que garantizara una buena liquidez presupuestaria para las finanzas Imperiales.

EL PROCESADO DEL *LAPIS SPECULARIS* Y SU TRANSPORTE

Una vez extraído el yeso especular, y llevado hasta las instalaciones de superficie, comenzaría el tratamiento y procesado del mineral. El espejuelo, se arranca o corta de la roca de yeso masivo, en placas o bloques de dimensiones variables que no solían superar el tamaño de los cinco pies romanos (cerca de metro y medio), dependiendo siempre de la riqueza de la bolsada y el tamaño de los cristales

El mineral no se vendía y transportaba tal cual salía de la mina, sino que era sometido a una elaboración y manufacturado que se realizaba a boca de mina. Es aquí, donde se situaban los"centros de procesamiento", instalaciones donde las placas de yeso selenítico, se transformaban en una serie de módulos estandarizados aptos para su comercialización.

En primer lugar, la piedra especular, una vez ya en los centros de procesamiento, se clasificaba por tamaños y calidades, desechándose el material alterado y que no cumpliera las características exigidas. Tras esta primera criba, el mineral seleccionado se desbastaba y se separaba si era necesario en planchas, que se regularizaban hasta obtener unas unidades normalizadas y en bruto, aptas para su trabajo.

A continuación y utilizando bancadas de madera para su mejor apoyo y sujeción, las planchas cristalinas se perfilaban con una incisión, utilizando para ello una serie de plantillas establecidas que facilitaban las marcas practicadas en el yeso con una punta de trazar o un marcador metálico a modo de *stylus*. Las incisiones servían de guía para cortar con sierras y serruchos de dientes semejantes a los de cortar madera, los formatos marcados, obteniéndose así una serie de módulos estandarizados de diferentes formas y medidas.

La piedra especular se puede cortar con sierra fácilmente, ya que su dureza es de 2 según la tabla de Mohs, y por lo que hemos podido observar, según las huellas de uso de las herramientas y de las marcas dentarias de las sierras dejadas en las placas de yeso por los *lapidarii* (cortadores de piedras), se utilizaron distintos tipos de sierra. Sin embargo no es aquí donde se separa definitivamente en láminas, siguiendo los planos de exfoliación natural, sino que esta maniobra se efectuaba en el lugar de su instalación definitiva, ya que el transporte de placas de mayor grosor facilitaba un menor deterioro.

Dado el elevado volumen de las explotaciones de la minería del *lapis specularis*, sería lógico pensar que en los tratamientos de corte del mineral, se aplicaran procedimientos tecnológicos que agilizaran y optimizasen los trabajos, y en los que no habría que descartar la utilización de una maquinaria de corte más sofisticada y compleja que el elemental uso de serruchos y de las sierras de carpintero de bastidor o de tensar. Entre las posibles premisas, cabría perfectamente la posibilidad del uso en las minas de sierras preindustriales accionadas hidráulicamente o de otros ingenios semejantes de tracción mecánica.

LÁMINA XX: Escena de recreación y experimentación histórica en las minas de *lapis specularis* de Castilla-La Mancha, en concreto detalle del corte con sierra de bastidor de una placa de *lapis specularis* en un banco de trabajo. *(Fotografía Juan Carlos Guisado di Monti).*

En los centros de procesamiento y tras el corte con la sierra, se obtenían diversos formatos de yeso que, según el patrón y su diseño comercial, se podían clasifican en módulos simples o módulos complejos. Los módulos complejos, solían realizarse con plantillas más elaboradas de formas sinuosas y geométricas como rombos o hexágonos. Aunque, la fórmula más frecuente de los módulos, era la del módulo simple de forma cuadrangular o rectangular, casi siempre con medidas referidas al pie romano. Estos módulos regulares abarataban en gran medida los costes, por ser más fáciles de apilar, y al simplificar su embalado, almacenaje y transporte.

Los módulos comerciales obtenidos se clasificaban y ordenaban por tipologías, y tras el biselado y lijado de sus caras de corte y los últimos retoques, se almacenaban, embalándose en sacos y otro tipo de contenedores, preferentemente de esparto. Los sacos se sellaban seguramente con marcas de propiedad, y con otro tipo de señales de contenido, como cualquier otro producto minero, para facilitar su control.

Los sacos y cestos, se acolchaban interior y exteriormente con paja, cargándose en carros de mercancías para su transporte. La carga debía asegurarse mediante cordajes, para evitar en lo posible los desplazamientos del material en el interior de las cajas de los carros, y su posible deterioro.

Aparte del uso prioritario del *lapis specularis*, como cristal con el que cerrar vanos y ventanas, este mine-

LÁMINA XXI: Escena de recreación y experimentación histórica en las minas de *lapis specularis* de Castilla-La Mancha, en concreto detalle del trabajo de exfoliación de un módulo rectangular de yeso cristalino. *(Fotografía Juan Carlos Guisado di Monti).*

ral polivalente tuvo otras muchas utilizaciones, entre las que se encuentran igualmente sus aplicaciones decorativas y constructivas.

Junto a la explotación de los cristales de yeso, existió toda una importante industria secundaria tras el proceso post minero de esta variedad de yeso, que utilizando los recortes sobrantes de las placas, y el mineral de desecho, emplearía este material para fabricar otros subproductos, no menos importantes, basándose en su aplicación como escayola, yeso para molduras, vaciados y enyesados de paredes, pavimentos, bóvedas y techos.

Por *Plinio* sabemos que el yeso de mejor calidad es el obtenido con piedra especular. Según el naturalista, una vez deshidratado, se obtiene el yeso en polvo, que al humedecerse ha de aplicarse inmediatamente por su rapidez de endurecimiento, aunque es posible machacarlo una segunda vez y reducirlo a una especie de polvo harinoso. Igualmente, destaca que es un material muy adecuado para estucados y figuras ornamentales de casas y cornisas.

Mediante el calentamiento y la calcinación del *lapis specularis* se obtiene yeso de fragua, un aglomerante utilizado en construcción para enlucidos, revestimientos, estucos y otras aplicaciones en todas las épocas. Los revestimientos y estucos de yeso se utilizaron especialmente para homogeneizar y proteger superficies, practicándose incluso imitaciones de materiales de gran valor, como los mármoles. *Teofrasto* en su lapidario, indica la posibilidad de recuperar los paramentos de las edificaciones antiguas en yeso, sometiéndolos a una nueva cocción y de ese modo, reutilizarlos para enlucidos exteriores.

El uso fundamentalmente ornamental del yeso, está documentado aparte de en los registros arqueológicos de un sinfín de yacimientos, en el *Edicto de precios máximos de Diocleciano*, donde se tiene noticia del oficio del *gypsarius* como un moldeador de yesos remunerado económicamente en condiciones similares a las de otros obreros especializados de época romana.

Al igual que el resto de los recursos mineros del imperio, el *lapis specularis*, precisaba de una potente y compleja infraestructura para su comercialización, basada en la red viaria. Todo el entramado de vías, calzadas y caminos, así como de los establecimientos y los servicios básicos asociados a ellas, se convertían en el indispensable soporte de su sistema comercial.

LOS CAMINOS DEL *LAPIS SPECULARIS*

La vía principal para la exportación del *lapis specularis* de Castilla-La Mancha, fue la conocida como "vía *Spartaria*", que desde las minas de Cuenca, atravesaba las actuales provincias de Albacete y Murcia, en dirección hacia la costa levantina y hasta la antigua ciudad de *Carthago-Nova*.

LÁMINA XXII: Escena de recreación histórica en las minas de *lapis specularis* de Castilla-La Mancha, en concreto del control y embalaje en carro de los módulos comerciales de espejuelo. *(Fotografía María José Bernárdez Gómez)*

El trazado viario del distrito minero de la piedra especular se ajustaba al eje *Ercávica-Segóbriga-Carthago Nova*, a partir de la cual confluía un complejo entramado de calzadas y ramales secundarios, que canalizaban la producción meseteña de yeso espejuelo hacia la zona e instalaciones portuarias de Cartagena, para su comercialización y posterior distribución marítima.

La importancia de esta antigua vía de comunicación, que unía el sudeste meseteño con la región levantina, está constatada ya desde época prerromana, como una de las rutas que enlazaban el interior peninsular con la costa mediterránea. El motor económico de las minas de *lapis specularis* quedará determinado por esta relevante arteria de comunicación, como conexión directa entre este distrito minero y los estratégicos puertos del sureste.

En el área minera, en torno al eje principal de la calzada, y a través de los ramales y calzadas secundarias que conectan con la misma, se distribuyen los di-

versos complejos mineros romanos de *lapis specularis* que conforman el conjunto minero.

El itinerario viario de esta calzada y su uso minero durante época romana, se encuentra confirmado por los miliarios encontrados hasta ahora y que jalonaban su recorrido. La epigrafía de los mismos, corrobora su inicio y adaptación con *Octavio Augusto*, así como la gran actividad y mantenimiento realizados durante el reinado de *Tiberio* (con seis miliarios localizados), y la importante reactivación en el programa de puesta a punto general de esta calzada, con los emperadores hispanos *Trajano*, y *Adriano* (con otros cinco miliarios registrados).

Durante los momentos más importantes de la industria del yeso espejuelo (siglos I y II *d.C.*), la ciudad de Cartagena se podía considerar como el principal puerto comercial de *Hispania*, no sólo por su gran actividad mercantil, sino además, por su privilegiada posición estratégica, así como por tratarse de un excelente puerto natural, y uno de los más seguros de todo el Mediterráneo.

Carthago-Nova, contaba igualmente con una importante infraestructura portuaria y de instalaciones logísticas, especializada y relacionada con su larga tradición de enclave canalizador de riquezas mineras, sobre todo, por su experiencia desarrollada ya en época republicana, con la importante explotación de plata de su área inmediata. Cartagena, comercializaba también todo tipo de manufacturas y material primas, entre ellos el apreciado *lapis specularis*, y el esparto de la zona, este último muy importante para los aparejos marinos, cordajes y maromas, etc., así como otro tipo de productos, entre los que destacan los procedentes de las industrias de salazones de las cercanías.

Si bien, es cierto que, parte de la producción de las minas de *lapis specularis* sería destinada a las provincias hispanas y a sus municipios, la mayor parte de la producción del yeso especular, se exportó fuera de la Península Ibérica. Aunque se comercializó desde otros puertos mercantiles levantinos, el principal punto de distribución sería el de Cartagena, embarcándose desde allí hasta los principales puertos del Mediterráneo, entre los que destacan los de *Roma* (*Ostia, y Puteoli), Massalia, Pireo, Antioquía, Leptis Magna, Karthago*, y *Alejandría*, el puerto más importante de todo el Mediterráneo oriental.

Para comercializar el espejuelo, se utilizaron, no sólo las naves mercantiles más comunes (*navis onerariae*), que podían transportar en torno a 150-200 toneladas de carga, sino que también se utilizarían los conocidos como barcos lapidarios (*navis lapidariae*), más lentos, pero con una mayor estabilidad, robustez, y capacidad de carga. De esta forma, el *lapis specularis* hispano, se distribuyó por vía marítima, a través de todo el Mediterráneo, recalando y abasteciendo así, las principales ciudades y centros de Imperio Romano.

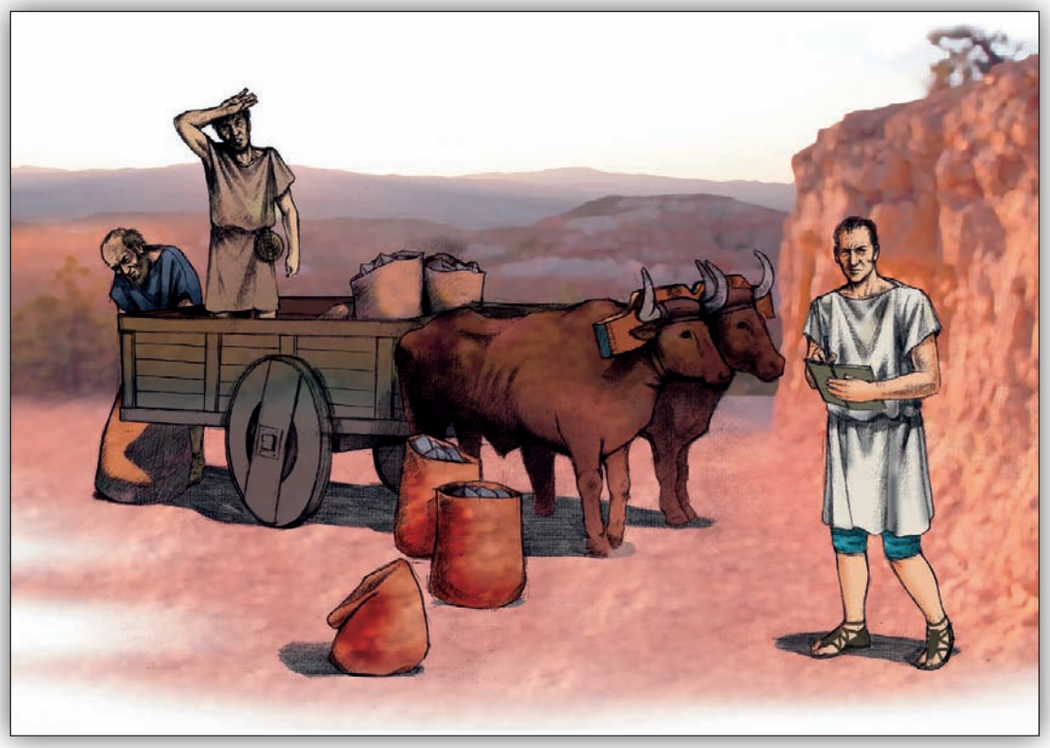

LÁMINA XXIII: Ilustración gráfica de una escena figurada sobre la carga y el transporte en carro de bueyes del *lapis specularis*. (*Dibujo Yeyo Balbás Polanco*).

En su exportación por mar y hasta su embarque, el *lapis specularis* del interior de la meseta debía ser transportado por un recorrido terrestre distante de la costa en más de doscientas millas romanas. Desde los complejos mineros, los cargamentos de mineral, se encauzarían a través de la calzada romana del esparto, como primordial infraestructura viaria por donde circularía el recurso minero hasta sus destinos portuarios.

Esta calzada, por su categoría, y tal como se desprende por la lectura epigráfica de sus miliarios (donde el nombre del emperador figura en nominativo), probablemente pertenecería a la red oficial de las vías del Imperio como "*viae publicae*" financiada por el Estado. Por tanto, sería considerada como una vía de carácter preferente, dotada de sus correspondientes servicios básicos de reparación, mantenimiento y conservación.

La vía *Spartaria*, como principal arteria de comunicación y de salida del *lapis specularis*, se concibe como una vía de largo recorrido, necesariamente en servicio y en buen estado durante todo el año para garantizar el tráfico y el suministro continuo de mineral. En la mayor parte de su trayecto, el camino sería una vía terrera, con un ancho de calzada que oscilaba entre los cuatro y cinco metros.

El mejor medio utilizado para el transporte y comercio del yeso especular, sería el del uso de carros de tracción animal, capaces de cubrir tanto la gran distancia existente hasta los puertos marítimos, como de soportar y acarrear cargas considerables de mineral que hicieran factible el negocio minero.

La mejor opción cuando se trataba de mercancías pesadas, era recurrir a los pares de bueyes como método más seguro y efectivo de transporte a la hora de preservar en perfectas condiciones la carga y garantizar una fuerza de tiro en tránsito lo suficientemente potente, constante y continua, durante las varias jornadas que duraba el viaje.

A diferencia de los équidos, que también se emplearon en época romana, los bueyes con respecto a éstos, presentan una serie de ventajas y utilidades que los hacían ser una mejor elección por múltiples motivos. Aparte de su potencia y mayor resistencia como animales de carga, los bueyes son animales mucho más autónomos a la hora de su mantenimiento, custodia y cuidado.

Una de las causas que harían determinante su selección, estriba en la mayor disponibilidad de reses bravas en una zona de amplia tradición de ganado vacuno como era la Celtiberia, donde sería más fácil poder proveerse de bóvidos, frente a los escasos caballos y aún más exiguos mulos o "machos" (de un tamaño mucho menor al de los ejemplares actuales), como únicas alternativas posibles.

Otro de los motivos principales que hacían más recomendable su uso, sería con respecto a los équidos, su más fácil aparejo, al no necesitar ramal o bridas para su conducción. Los elementales collares utilizados en época romana, oprimían con su empleo la tráquea de los animales de tiro, de manera que su eficacia, quedaba contrarrestada por unos amarres que mermaban y reducían notablemente las posibilidades reales de fuerza de los semovientes.

Por el contrario los bueyes, cuyo mayor esfuerzo recaía en sus frontales o cornamenta, se podían uncir con un sencillo yugo rectilíneo de dos camellas, sujeto a la nuca de los rumiantes con cuerdas o con cabestros de cuero. El yugo de bueyes construido en madera de encina y roble principalmente, solía ser de una sola pieza a diferencia con el de costillas, utilizado con las acémilas y mucho más débil y complicado en su sujeción.

Los bueyes igualmente, eran mucho más rentables, pues precisaban menos tiempos de descanso y tenían un mejor aguante, tanto físico como a los rigores climáticos, compensando su lentitud con su mayor robustez y capacidad de carga, así como por el resto de sus virtudes.

Su fácil manejo, hacía que incluso en una retahíla o caravana de bueyes, varios de los carros de transporte (normalmente los que van en medio), pudieran acoplarse una vez cargados a la ruta y conducirse a compás prácticamente sin necesidad de personal que se ocupe de ellos. Podían ser guiados, y maniobrarse casi únicamente con las voces, y de forma elemental, durante la mayor parte del trayecto, con lo que esto significa en el ahorro de boyeros y costes.

Aun así, animales sometidos a un continuo esfuerzo, necesitarían estabularse durante el recorrido en las estaciones y noches frías, así como precisaban de un lógico mantenimiento tanto de cuidados veterinarios, como alimenticios en piensos (grano y forraje), sin olvidar su abrevado y los fundamentales aportes de sal.

Por lo que podemos deducir, en una aproximación interpretativa y etnoarqueológica sobre el sistema de transporte más apropiado para portear el mineral, los carros de plataforma con dos ruedas y un eje, junto a los de cuatro ruedas y dos ejes, serían los vehículos más adecuados y utilizados para transitar por las calzadas y para poder trasladar los cargamentos de *lapis specularis*.

Los carros, a semejanza de otros modelos documentados arqueológicamente en la época, se construirían en maderas duras y resistentes, prefe-

LÁMINA XXIV: Escena de recreación histórica en las minas de *lapis specularis* de Castilla-La Mancha, en concreto del transporte del mineral con un tiro de bueyes y un carro con carga baja de amortiguación. *(Fotografía María José Bernárdez Gómez).*

rentemente *quercus*, ya que se emplearían para un cargamento pesado. Por contra, los módulos de yeso especular, podían apilarse en cargas de escaso volumen, siempre y cuando el mineral estuviera convenientemente embalado y protegido.

Las ruedas de estos carros, al tener que soportar grandes pesos, serían de madera, con múltiples radios y llantas reforzadas por aros metálicos de una única pieza. Los ejes, también de madera, estarían reforzados con bujes de hierro, lubricándose convenientemente con grasa animal. Por otro lado, no hay que descartar que estos vehículos contaran igualmente con un sistema propio de suspensión, que estabilizara la carga y evitara los desplazamientos involuntarios de la mercancía.

Los carros de dos ejes y cuatro ruedas, podían transportar cargas pesadas estimadas en unos dos/tres metros cúbicos de mineral bien embalado y apantallado con paja, para evitar su deterioro. El eje delantero sería pivotante, mientras que el trasero rodaría en dirección fija, siendo las ruedas delanteras de menor tamaño que las traseras, como corresponde a carros con un eje delantero de dirección y único bulón.

El sistema de frenado en estos carros de mayor tamaño, debía incluir a los dos ejes, al ser su plataforma rígida, accionándose mediante zapatas unidas a la plataforma o a la mesa de dirección del eje delantero. Otro método de frenado, sería mediante el uso de cadenas que se anclaban a las llantas también desde la plataforma del carro, bloqueando en un momento dado el giro de las ruedas e inmovilizando así el carruaje.

Este tipo de vehículo de cuatro ruedas, tendría muchas semejanzas con la actual "galera", típica carreta para grandes cargas utilizado en el ámbito rural de la zona meseteña prácticamente hasta nuestros días.

Los carros de eje único, sin embargo, reciben la totalidad de la carga y podían portear uno o dos metros cúbicos de mineral. La plataforma de este tipo de carros oscilaría en función de la inclinación e irregularidades del firme del camino, con lo que la carga, de no estar bien amarrada, tendría un continuo movimiento y desequilibrio.

El frenado de estos carros de dos ruedas, al ser más ligeros y tener una plataforma oscilante, se solucionaría con un sencillo freno de galga, que podría ser accionado por un único carretero que a la vez podía llevar la dirección de la yunta.

Entre los dos tipos de carros de dos o cuatro ruedas, para el cargamento del *lapis specularis,* el carro de dos ruedas y un solo eje, cuenta con una serie de características que lo harían más apropiado y rentable en un trayecto como el mencionado.

LÁMINA XXV: Escombrera de yeso especular cortada por un posible camino romano en el complejo minero de Huete-Palomares del Campo en Cuenca. El camino tiene unas medidas de 1,50 metros de ancho. *(Fotografía María José Bernárdez Gómez).*

Este tipo de carros, necesita menos personal en su empleo, pues al tener una mayor maniobrabilidad, precisa un menor número de carreteros y mozos para dirigirlos. En las operaciones de encuarte o refuerzo con una o varias yuntas más añadidas al tiro habitual del carro, un vehículo de dos ruedas puede ser encuartado tanto por su parte trasera como delantera a la hora de hacer frente a cuestas o desniveles del itinerario, mientras que los carros de cuatro ruedas, sólo pueden reforzarse desde el extremo delantero del pértigo.

Si bien, un carro de cuatro ruedas puede cargar el doble de mineral, éste necesitaría igualmente para su arrastre el doble de animales de carga, no obteniendo por ello una mayor velocidad en el transporte. Por el contrario, carece de más maniobrabilidad que el carro de eje único, necesitando más personal para su manejo y siendo éste mucho más complejo.

Por otro lado, un carro de cuatro ruedas no necesita el doble de madera más en su construcción en consonancia con otro sencillo de dos ruedas, sino que la proporción de madera sería aproximadamente el triple, por su fabricación más compleja y con más elementos, como los que necesita el artilugio de su eje direccional. Igualmente averías y reparaciones, son más costosas y difíciles de solventar en un carro de cuatro ruedas que de dos, aparte de necesitar más repuestos y un personal técnico más especializado para tenerlos a punto.

Por consiguiente, la comparativa entre ambos transportes, parece decantarse hacia un empleo preferente de un carro de un eje y dos ruedas, tirado por un par de bueyes (con más fácil posibilidad de cuartearlo en tramos problemáticos), con una capacidad de carga de una tonelada de yeso espejuelo, cuya caja consistiría en una plataforma baja de dimensiones en torno a los 2 metros de largo, por 1,20-1,50 metros de ancho de caja, y algo más de un metro de alto.

Un transporte minero como el del yeso especular, sólo sería posible si se cuenta con una logística adecuada durante el recorrido, en el que, aparte de mantener la viabilidad de la calzada, sería necesario contar con lugares de descanso específico para hombres y ganado, a la vez de garantizar la manutención y el avituallamiento imprescindible durante toda la ruta, y un lógico relevo de las bestias, cada 10 o 15 millas aproximadamente.

Además, habría que contar con lugares de almacenaje de piezas de repuesto y de las materias primas precisas en toda la línea de trayecto, así como de personal disponible y capaz de efectuar todo tipo de reparaciones en carros y aperos, entre otras muchas necesidades.

Por último, la línea de transporte también es rentable, si ésta trabaja "a reporte", es decir, el diseño de una infraestructura de transporte, permite en retorno aprovechar el trasiego y el servicio creado para a su vez, traer hasta la región de partida una serie de productos que ayuden a compensar los gastos y el coste de su mantenimiento.

Los carros, desde Cartagena y desde los puertos de embarque, volverían cargados con mercancías comercializables en la zona minera. Ese intercambio, generó a su vez una riqueza que, en parte, aún hoy, puede rastrearse sobre todo, en las ciudades romanas y en los núcleos de población relacionados con el coto minero.

El fin del emporio minero, motivado por la evolución y aplicación imparable del vidrio, acabaría con el tránsito de esta mercadería minera. Parte de ese recorrido en su tramo conquense actual, coincidiendo con el área donde se sitúan los minados, hoy es un itinerario histórico que puede disfrutarse como parte de una iniciativa de turismo cultural, que tiene por objeto la rentabilidad patrimonial de estos bienes desde una perspectiva social, tanto de la antigua calzada, como de los minados de *lapis specularis* y del resto de los yacimientos arqueológicos que son parte de este singular patrimonio minero.

Referencias bibliográficas

- ARLANDI RODRÍGUEZ, M., BERNÁRDEZ GÓMEZ, M.J., GUISADO DI MONTI., J.C., JORDÁ BORDEHORE, L. & VILLAVERDE MORA, F. (2006): «Detección geofísica de minados subterráneos. La intervención en las minas romanas de *lapis specularis* de la Mudarra (Huete-Cuenca**)». III Simposio sobre Mineração e Metalurgia Históricas No Sudoeste Europeu**, pp. 231-245. Porto.
- ARLANDI RODRÍGUEZ, M. (2004): «El laboreo romano del *lapis specularis* en la mina del Búho. Osa de la Vega (Cuenca)**». IV Congreso Internacional sobre Patrimonio Geológico y Minero,** pp. 333-342. Utrillas (Teruel).
- BENAVENTE HERNÁNDEZ, J (2007): **Almería Subterránea**. Almería.
- BERNÁRDEZ GÓMEZ, M.J., CRESPO MARTÍN, J., GUISADO DI MONTI, J.C., MEDINA CORDERO, G. & NAVARES MARTÍN, A. (en prensa): «El complejo minero romano de *lapis specularis* de Valparaíso de Abajo (Campos del Paraíso - Cuenca)». **V Simposio Internacional sobre Minería y Metalurgia Históricas en el Suroeste Europeo, León 19-20-21 de junio de 2008**. León.
- BERNÁRDEZ GÓMEZ, M.J., & GUISADO DI MONTI, J.C. (en prensa): «El distrito minero romano del *lapis specularis* de Castilla-La Mancha». **Coloquio de Minería Antigua. Estudios regionales y temas de investigación actual.** Casa de Velázquez, 28-29 de Noviembre 2005. Madrid.
- BERNÁRDEZ GÓMEZ, M.J., & GUISADO DI MONTI, J.C. (2009): «La minería del *lapis specularis* y su relación con las ciudades romanas de Segóbriga, Ercávica y Valeria». **La ciudad romana de Valeria (Cuenca).** Servicio de Publicaciones de la Universidad de Castilla-La Mancha. Colección Humanidades nº 111, pp. 211-226. Cuenca.
- BERNÁRDEZ GÓMEZ, M.J., & GUISADO DI MONTI, J.C. (2007): «Las referencias al *"lapis specularis"* en la Historia Natural de Plinio el Viejo». **Pallas n.º 75**, pp. 49-58. Toulouse.
- BERNÁRDEZ GÓMEZ, M.J., & GUISADO DI MONTI, J.C. (2005): «El tesorillo de trientes hispanovisigodos de la mina romana de *lapis specularis* de "La Condenada" en Osa de la Vega (Cuenca)». **XIII Congreso Internacional de Numismática,** pp. 1135-1142. Madrid.
- BERNÁRDEZ GÓMEZ, M.J., & GUISADO DI MONTI, J.C. (2004): «La minería romana del *lapis specularis* una minería de interior». **Investigaciones arqueológicas en Castilla La Mancha: 1996-2002,** pp. 245-256. Salamanca.
- BERNÁRDEZ GÓMEZ, M.J., & GUISADO DI MONTI, J.C. (2004): «El cristal de Hispania». **Revista de Historia Natural n.º 4,** pp. 52-59. Madrid.
- BERNÁRDEZ GÓMEZ, M.J., & GUISADO DI MONTI, J.C. (2002): «Las explotaciones mineras de *lapis specularis* en Hispania». **Catálogo de la exposición: Artifex: La Ingeniería Romana en España. Museo Arqueológico Nacional,** pp. 273-298. Madrid.
- BERNÁRDEZ GÓMEZ, M.J. & GUISADO DI MONTI, J.C. (2000): «La Mina Espejo, un Proyecto de Musealización y Visitabilidad de las Minas Romanas de *"Lapis Specularis"* de Cuenca». **Actuaciones sobre el patrimonio minero-metalúrgico. III Sesión Científica de la Sociedad Española para la Defensa del Patrimonio Geológico y Minero**. Huelva.
- BERNÁRDEZ GÓMEZ, M.J. & GUISADO DI MONTI, J.C. (1995): **La huella del minero. Guía de la exposición**. León.
- BERNÁRDEZ GÓMEZ, M.J., GUISADO DI MONTI, J.C. & VILLAVERDE MORA, F. (2005): «La mina romana de *lapis specularis* de "La Mora Encantada" en Torrejoncillo del Rey (Cuenca**)». II Simposio sobre Minería y Metalurgia Antigua en el Sudoeste Europeo**, pp. 243-254. Madrid.
- BERNÁRDEZ GÓMEZ, M.J., GUISADO DI MONTI, J.C. & VILLAVERDE MORA, F. (2004): «Edouard Capelle: un prehistoriador y jesuita francés en tierras de Cuenca». **Zona Arqueológica n.º 3: Pioneros de la Arqueología en España del siglo XVI a 1912**, pp. 345-352. Alcalá de Henares (Madrid).
- BERNÁRDEZ GÓMEZ, M.J., GUISADO DI MONTI, J.C., & VILLAVERDE MORA, F. (2002): «Las minas romanas de *lapis specularis* de Osa de la Vega (Cuenca). Una aproximación a su estudio». **Congresso Internacional sobre el Patrimonio Geológico e Mineiro,** pp. 291-302. Beja (Portugal).
- CRUZ LAMARCA, R. (2005): «La arqueología en la provincia de Cuenca. El estado de la cuestión». **Arqueología de Castilla-La Mancha. Actas de las I Jornadas**, pp. 355-384. Cuenca.
- DÍAZ MOLINA, M. & LÓPEZ MARTÍNEZ, N. (1979): «El terciario continental de la depresión intermedia (Cuenca). Bioestratigrafía y paleogeografía». **Estudios Geológicos 35**, pp. 149-167.
- FONTAINE, S.D., FOY, D. (2005) : «De pierre et de lumière: le *lapis specularis*». ***De transparentes spéculations: vitres de l'Antiquité et du haut Moyen Age (Occident –Orient),* éditions du Musée-site archéologique de Bavay**, pp. 159-163. Bavay.
- GÓMEZ, J.J., DÍAZ-MOLINA, M., & LENDÍNEZ, A. (1996): «Tectono-sedimentary analysis of the Loranca Basin (Upper Oligocene-Miocene, Central Spain): A "non-sequenced" foreland basin». **Tertiary basins of Spain the stratigraphic record of crustal Kinemastics**, pp. 277-286. Cambridge University Press

- GOZÁLBES CRAVIOTO, E. (2000): **Caput Celtiberiae. La Tierra de Cuenca en las fuentes clásicas**. Departamento de Publicaciones de la Universidad de Castilla-La Mancha y Diputación de Cuenca. Col. Humanidades, 52. Cuenca.
- MORENO GALLO, I. (2004): «Topografía Romana». **Elementos de Ingeniería Romana. Congreso Europeo Las Obras Públicas Romanas I**, pp. 25-68. Tarragona.
- PALOMERO PLAZA, S. (1987): **Las vías romanas en la provincia de Cuenca.** Serie Arqueología Conquense n.º 8. Diputación de Cuenca.
- RICO, C. (2005): «Vingt ans de recherches sur les mines et les métallurgies romaines en péninsule ibérique (1985-2004)». **Pallas 67**, pp. 217-240. Toulouse.
- ZAPICO MAROTO, L. (1989): «El *Lapis Specularis* y el acueducto del Cigüela». **El Miliario Extravagante nº 19**, pp. 5 - 9. La Línea de la Concepción (Cádiz).
- VV.AA. (2008): **Patrimonio geológico de la provincia de Cuenca**. **Catálogo de la exposición**. Diputación Provincial de Cuenca. Cuenca.
- VV.AA. (2008): **Ruta Celtibérica. Un instrumento para el desarrollo sostenible del medio.** Centro de Estudios Celtibéricos de Segeda. Calatayud.
- VV.AA. (2006): «Dossier *"Lapis Specularis"*, El cristal del Imperio». **Revista Memoria nº 2**, pp. 27-73. Cuenca.
- VV.AA. (2002): **Tabvla Imperii Romani. Hoja J-30: Valencia. Cordvba-Hispalis-Carthago Nova-Astigi.** Madrid.