

# **Devenir histórico de la relación entre la joyería y las ciencias mineras y de los minerales**

**ENRIQUE ORCHE.**

*Dr. Ingeniero de Minas. Universidad de Vigo.*

**OCTAVIO PUCHE.**

*Dr. Ingeniero de Minas. Universidad Politécnica de Madrid.*

---

## **RESUMEN**

El presente trabajo muestra la interrelación existente entre minería y joyería desde los albores de la Humanidad, motivada por el atractivo que siempre metales y minerales han ejercido sobre el hombre.

## **ABSTRACT**

*This work deals with the interrelation between mining and jewellery since the beginning of mankind, due to the attraction that mankind has always had for metals and minerals.*

## INTRODUCCIÓN

Bien sea un guijarro mal desbastado, un metal finamente trabajado o una piedra preciosa hábilmente tallada, la joya no es solo un adorno, sino también una expresión artística influida por el estilo ornamental de una época determinada, por la materia prima utilizada y por la evolución de la técnica.

La joya ha reflejado siempre el poder social, tanto de orden jerárquico como de orden financiero, y se ha convertido en talismán, signo de lenguaje simbólico, entre el hombre y las fuerzas de la naturaleza.

Desde épocas muy lejanas, la joya nació de los materiales que aún hoy son los mismos: el metal y las gemas. Por tanto minería, o beneficio de metales y rocas, y joyería, o arte de fabricar objetos de adorno cuyo elemento principal es un metal, y de montar piedras valiosas, han tenido una relación de dependencia desde sus inicios y un vínculo que nunca podrá deshacerse.

Originariamente las joyas fueron elementos esenciales en el adorno de mujeres y guerreros. En Oriente Medio desempeñaron un papel mágico de protección. En Sumer se han descubierto numerosas alhajas de oro y lapislázulis en tumbas reales. El arte egipcio produjo piezas de gran belleza que Grecia perfeccionó extraordinariamente. Los romanos emplearon en sus joyas todas las piedras conocidas en la época, consiguiendo gran maestría en los engarces, arte que transmitieron a los bizantinos, y estos a los artífices románicos. Las técnicas de orfebrería se perfeccionaron en el Renacimiento. Los pueblos indios del Nuevo Mundo utilizaron extensivamente el oro como ornamento. En el siglo XVIII, la piedra más preciada era el diamante de la India y, más tarde, el de Brasil, descubierto en 1.725, tallado en facetas y combinado frecuentemente con gemas de otros colores que realzaban su belleza. La moderna joyería inició su revolución a fines del siglo XIX.

Nada de esto hubiera sido posible si el desarrollo de la capacidad de observación no hubiera llevado al hombre primitivo al descubrimiento de todos aquellos elementos que le ofrecía la naturaleza que pudieran convertirse en un factor diferenciador y, por lo mismo, fueran susceptibles de valoración.

En líneas generales la posesión de la riqueza mineral viene asociada a estructuras de dominio. En el caso de los metales, los yacimientos sólo se sitúan en áreas determinadas cuyo control proporciona una supremacía evidente a los grupos que disfrutan los recursos frente a los demás, que quedan al margen de la materia prima. Pese a todo, el control de los criaderos y el conocimiento de los procesos metalúrgicos no siempre ha supuesto poder real, ya que éstos también se han utilizado con fines culturales, sociales y religiosos.

El interés del hombre por los metales y gemas, desde el punto de vista suntuario, ha continuado hasta nuestros días, buscándose infatigablemente la manera de resaltar con mayor perfección la belleza intrínseca de las piezas y sus engarces en aleaciones metálicas cada vez más sofisticadas en su forma y composición. Esto ha sido posible aplicando progresivamente, con el devenir de los tiempos, los conocimientos aportados por las distintas disciplinas científicas que se han ido desarrollando en relación con la prospección, la explotación, la mineralogía y las técnicas orfebres, lapidarias y metalúrgicas.

## RESEÑA HISTÓRICA DE LA JOYERÍA

Desde el Paleolítico Superior, hace 30.000 años, aparece bien documentado el uso de conchas, colmillos, piedras de colores o piedras de formas raras, cristales, fósiles, etc., para la fabricación de collares, brazaletes, colgantes y adornos en general. La simple recolección de estos objetos indica que llegaron a alcanzar una categoría semejante a los primitivos trofeos de caza (colmillos, dientes, astas, etc.) a los que, en definitiva, acabaron por sustituir.

Los metales nativos, recogidos inicialmente en el lecho de los ríos, fascinaron a nuestros antepasados, primero por su valor decorativo y después por su utilidad práctica para construir armas o instrumentos variados, llegando a constituir la moneda habitual de cambio en gran número de culturas distribuidas por todo el mundo antiguo.

En el caso de las joyas de pedrería y de los elementos metálicos suntuarios de uso personal, se pasó de la utilización directa de la gema o del metal en bruto, a la elaboración de auténticas piezas de joyería como consecuencia del desarrollo de distintos procesos de tratamiento y embellecimiento de los mismos, resaltando sus propiedades decorativas, bien solos, bien combinados entre ellos (piedras engarzadas en soportes metálicos de oro o plata, piezas elaboradas con distintos metales, etc.), en forma de anillos, collares, coronas, pectorales, pendientes, brazaletes, etc.

El oro, la plata, el cobre nativo y el hierro proveniente de meteoritos son los metales más antiguos que el hombre conoció.

Es opinión muy extendida que el oro fue el primer metal en que el hombre reparó y supo elaborar. A diferencia de la plata y del cobre, que eran materiales útiles para fabricar instrumentos variados, el oro, debido a su escasa resistencia, era apreciado por su belleza y codiciado por su escasez. Tras una primera etapa en la que se utilizó en su forma natural, en el transcurso del Neolítico apareció la orfebrería y se produjeron las joyas, figuras y vasos que se han encontrado en Ur, Troya, Micenas, etc. En el II milenio a.C., el oro empezó a competir con la plata y el cobre como patrón de valor; lingotes y discos de oro sellados vinieron a prefigurar la moneda, que apareció en el siglo VII a.C. con las piezas de electrum emitidas por los comerciantes y por las ciudades de Jonia.

En la tecnología orfebre euroasiática del oro es posible apreciar tres etapas sucesivas:

- El uso exclusivo de la técnica del martilleado en hilos y batido en láminas (Edad de Cobre y parcialmente Edad del Bronce).
- Empleo de moldes y técnicas incipientes de soldadura (Final de la Edad de Bronce)
- Uso de la filigrana, el granulado, los esmaltes y la soldadura, y empleo de piedras ornamentales.

Los primeros objetos de oro que se conocen en la Península Ibérica son espirales, anillos o laminillas arrolladas, siempre con el carácter personal de verdaderas joyas, aunque no tardaron en desarrollarse técnicas cada vez más complejas.

En América las piezas de oro más antiguas conocidas hasta el momento corresponden al año 1.500 a.C., y fueron halladas en Perú.

Del cobre se sabe que fue usado con fines ornamentales desde el 5.000 a.C., en Egipto. Posteriormente, en esa misma región, el cobre se utilizó para fabricar pequeños objetos como agujas, tijeras, anillas, etc. Entre 2.500 y 2.000 años a.C. ya se tiene noticia de su presencia en Europa. El cobre fue empleado más tarde, bajo la forma de aleaciones, para confeccionar armas, herramientas, joyas, adornos, objetos domésticos, estatuas, etc.

Por la facilidad de su trabajo, la plata fue otro de los metales usados con fines suntuarios y artísticos en las civilizaciones del mundo antiguo; referencias a la plata como elemento constitutivo de riqueza se encuentran desde unos 3.600 años a.C. Fue también uno de los primeros metales usados para la acuñación de monedas, ya que permitía reducir el peso y tamaño de las grandes piezas de cobre o bronce.

La minería y metalurgia de la plata, y la elaboración de joyas con ella, no debieron suponer ningún problema técnico para los mineros y orfebres de la época, debido a la experiencia habida con el cobre.

Entre los usos antiguos de la plata se citan espejos, vajillas, estatuillas, ornamentos, armaduras, monedas, etc.

Pero no sólo los metales alcanzan un importante valor, sino también las piedras preciosas. Éstas enseguida se mostraron de interés para nuestros antepasados, convirtiéndose en objetos mágicos, bienes suntuarios o signos de poder.

Las variedades de gemas objeto de explotación en la antigüedad han sido muy numerosas, no siendo extraño que los hombres primitivos quedaran fascinados por su bri-

llo, color, o dureza. Incluso la Biblia cita con frecuencia piedras preciosas y semipreciosas (esmeraldas, zafiros, diamantes, topacios, azabaches, ágatas, jacintos, ónices, jaspes, etc), hecho que demuestra la importancia que estos elementos ornamentales tenían para los pueblos de la época.

Por otra parte, las excavaciones arqueológicas han confirmado tal circunstancia, proporcionando abundantes restos extendidos por todo el mundo antiguo, como amuletos de nefrita, jades chinos labrados desde tiempo inmemorial, lapislázulis afganos, diamantes de la India, esmeraldas del Alto Egipto (desde el 5.000 a. C.), y tantos otros que sería interminable enumerar. En España se han encontrado numerosas variedades de piedras preciosas y semipreciosas, tales como ámbar, cuarzo hialino, calcedonia, variscitas, etc., con una antigüedad de hasta 7.000 años.

Antiguamente se fabricaron joyas de metal, estampado o recortado, incrustado con pastas de vidrio coloreado y piedras duras grabadas con símbolos religiosos: el escarabajo o el loto fueron específicos de la cultura egipcia.

Las joyas griegas se elaboraron con una gran perfección: pendientes, brazaletes, tobilleras y collares tienen en común su elegancia y sobriedad que, a veces, se animan con motivos móviles colgados de ellos.

La joyería etrusca es parecida a la griega pero presenta una mayor abundancia de pedrería.

Los romanos emplearon en sus joyas todas las piedras conocidas de la época, resultando piezas decorativamente sobrecargadas. Así, esmaltes, gemas y perlas se yuxtaponen sin medida. Los orfebres romanos crearon hábiles engarces cuyas técnicas perduraron hasta el medievo.

Las invasiones bárbaras introdujeron en Occidente la técnica del alveolado que Bizancio aplicó a joyas de esmaltes y pedrería. Las piezas bárbaras son de metal blanco (aleación de cobre y plata) o de bronce estañado, decoradas con dibujos geométricos o piedras de color.

En Bizancio la joyería alcanzó un desarrollo extraordinario, basándose en modelos helénicos y bárbaros.

En la época románica el esmalte sustituyó a la pedrería. A partir del siglo XIII empezaron a cobrar fama los orfebres parisenses, que popularizaron el cincelado. Esta técnica se perfeccionó en el Renacimiento, época en la que la joyería alcanzó gran desarrollo.

El descubrimiento de América trajo consigo un gran flujo de oro a Europa, que era transformado en joyas en numerosos talleres. Especialmente famosos fueron los italianos de Florencia y Milán. En esta época se publicaron diversos libros con diseños de sortijas; en el siglo XVI las piedras de color se combinaban con el oro y las piedras duras se grababan con motivos diversos.

Los orfebres americanos precolombinos elaboraron una joyería de gran originalidad especialmente en oro y plata. Centros importantes fueron Méjico, Panamá, Colombia y Perú, en donde se trabajaron técnicas muy variadas (filigrana, soldadura, repujado, fundido, martillado, etc.), que dieron lugar a ornamentos y objetos muy característicos (diademas, brazaletes, anillos, collares, pectorales, orejeras, vasos, botellas, etc.). Entre los materiales usados eran frecuentes las aleaciones pobres de oro y cobre y las piedras semipreciosas.

En el siglo XVII el cincelado fue sustituido por el engarce, y los orfebres dieron paso a los joyeros. El prestigio del diamante se acrecentó con el descubrimiento de las minas de Golconda, en la India.

La piedra más apreciada del siglo XVIII seguía siendo el diamante, tallado en facetas y combinado con gemas de color. Diversos joyeros recuperaron los modelos etruscos y bizantinos, adquiriendo gran desarrollo la joyería en acero.

El siglo XIX supuso un gran cambio en la historia de las joyas: la burguesía las convirtió en objetos de inversión y se aplicaron los procedimientos industriales en su fabricación (estampado, galvanoplastia). El esmalte conoció un nuevo período de esplendor. El descubrimiento en 1.867 de las minas de diamantes en Sudáfrica provocó una relativa bajada de sus precios. Los motivos ornamentales más utilizados fueron la fauna y la flora, los cuales adquirieron formas fantásticas cuando se impusieron las ideas modernistas.

En el siglo XX los diseños se tomaron de la actualidad de la época, y el estilo se adaptó a la vida activa de la mujer. Las piedras semipreciosas se utilizaron profusamente teniendo la bisutería una gran importancia social. La industrialización en la fabricación de joyas universaliza la posibilidad de adquirir a precios asequibles gran cantidad de diseños y modelos. Sin embargo, la joyería de calidad sigue siendo accesible a una reducida minoría social.

Los metales preciosos con los que se realizan actualmente las joyas son el oro, la plata, el platino y el paladio, que el joyero alea para paliar una alta maleabilidad o para encontrar efectos de color. Sólo el diamante, la esmeralda, el rubí y el zafiro están consideradas como piedras preciosas, siendo el resto piedras finas (las translúcidas) o semifinas (las opacas), aunque en la práctica la delimitación no es siempre tan rigurosa.

Hace aproximadamente un siglo se iniciaron los experimentos conducentes a la obtención de piedras sintéticas (Moissan, 1.892; Verneuil, 1.904). Finalmente, en 1.964, Gilson llegó a reconstituir una esmeralda por cristalización a partir de una esmeralda auténtica y, hoy día, se producen sintéticas sin dificultad, hasta el punto de que sólo los expertos las pueden diferenciar de las verdaderas por sus propiedades ópticas. El diamante ha sido imitado en un laboratorio americano mediante un producto a base de titanato de estroncio, obteniéndose una piedra sintética patentada con el nombre de diamelita.

## LAS DISCIPLINAS MINERAS COMO APOYO AL DESARROLLO DE LA JOYERÍA

Pese a que el empleo de los metales es, sin duda, muy anterior a los comienzos de la minería, el binomio Minería-Joyería ha pervivido miles de años basado en conocimientos primitivos -pero que se han mostrado muy eficaces- de la prospección, explotación y aprovechamiento de las gemas y de los metales preciosos.

En la etapa inicial, el oro, la plata, el electrum (combinación natural de oro y plata) y el cobre nativo fueron usados como simples piedras, además de las propias piedras preciosas o semipreciosas.

Indudablemente, la demanda creciente de estos elementos escasos y difíciles de obtener, que destacaban por sus cualidades naturales como el color, el peso, el brillo o la ductilidad, dio lugar a una búsqueda sistemática de los mismos y a su preparación para el consumo; para ello se estableció una secuencia de procesos encaminados a tal fin, que se iniciaba con una rudimentaria prospección geológica, seguida de la explotación minera y de la preparación del metal o mineral para su uso directo o después de una determinada manipulación. En esta etapa inicial, la observación de la coloración general de determinados terrenos constituía la técnica prospectiva indispensable.

Con el transcurso del tiempo, la importancia económica de estos elementos dio lugar a un interés generalizado por explicar sus propiedades conocidas, buscar otras nuevas, conocer su génesis y descubrir criterios para su prospección.

Una vez que el hombre hubo dominado la metalurgia de algunos metales y supo producir piezas de orfebrería de gran belleza, empezó a buscar la causa de las propiedades de gemas, minerales y metales, y se interesó por explicar su génesis y descubrir criterios para su búsqueda. Es así como nacen lo que en la actualidad son dos ciencias claramente diferenciadas y desarrolladas, que son la Mineralogía (ciencia que estudia los minerales) y la Petrología (ciencia que estudia las rocas). Ambas, junto a la Prospección Minera, el Laboreo de Minas, de desarrollo más tardío, y la Metalurgia Extractiva, constituyen hoy día las bases científica y técnica que permiten poner a disposición de los orfebres y joyeros, la materia prima (metales afinados y gemas en bruto) para su trabajo artístico.

La minería fue la primera ciencia tecnológica que se enseñó en Europa, en escuelas especiales creadas para tal fin, y estas cinco disciplinas fueron la base de los conocimientos impartidos en ellas desde el principio; así ocurrió en las Escuelas de Minas de Freiberg (1.766), Schemnitz (1.769), San Petersburgo (1.772), Almadén (1.777), precursora de la escuela de Madrid, París (1.779), etc., pioneras de la enseñanza técnica en el mundo occidental y embriones de las actuales escuelas de ingeniería superior.

En el caso español, cuando Carlos III fundó la Academia de Almadén y ordenó la enseñanza de la Minería, los estudios allí impartidos se estructuraron en dos asignaturas (Mineralogía y Geometría Subterránea), cuyo contenido conjunto corresponde básicamente a todas las disciplinas mencionadas anteriormente.

Aunque la minería, entendida en el sentido amplio de conjunto de técnicas y conocimientos geológico-mineros que permiten la búsqueda, explotación y beneficio de metales y gemas de los minerales que los contienen, ha sido capaz de proporcionar a los orfebres estos materiales durante miles de años, es cierto que no todas sus disciplinas se han desarrollado por igual en el tiempo. Así, la que ha tenido una evolución más constante y documentada a lo largo de la Historia ha sido la Mineralogía, precisamente por el deseo del hombre de conocer el origen intrínseco de la belleza y propiedades de las gemas y los metales.

El continuo progreso de esta ciencia fue proporcionando a los hombres de las distintas épocas más y más conocimientos acerca de la estructura y características internas de estos materiales, lo que indujo la aparición y desarrollo de técnicas orfebres y lapidarias nuevas que consiguieron descubrir y exteriorizar posibilidades ornamentales previamente ignoradas.

## **DESARROLLO HISTÓRICO DEL CONOCIMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE LOS MINERALES**

La importancia de la Mineralogía se debe al gran atractivo que históricamente ha tenido para los hombres el estudio de los metales y minerales. El desarrollo de esta ciencia ha sido similar al de otras, mostrando tres etapas bien diferenciadas, que son:

- Fase dogmática (época anterior al siglo XVI)

En ella se conocen los minerales por su uso, asombrándose el hombre ante sus propiedades organolépticas, a las cuales supone un origen mágico. En este período no se llega a la comprensión de la naturaleza y demás peculiaridades de las sustancias minerales, por lo que surgen interpretaciones según las más variadas ideas.

- Fase de observación-inducción (siglo XVI)

En este período se estudian las propiedades físicas, tales como la forma, dureza, densidad y otras, deduciéndose, tras ordenar los datos adquiridos, teorías y principios. De esta forma se va conformando la base doctrinal primaria sobre la que se asienta la Mineralogía.

- Fase deductiva y de experimentación (siglo XVII a nuestros días)

Con Galileo, en el siglo XVII nace el método experimental. Este período se caracteriza por ser una época de avances en los campos de las Matemáticas, de la Química Experimental y, en general, de todas las ciencias. Esta situación provoca el auge del método deductivo, o lo que es lo mismo, el paso mediante secuencias razonadas de lo general a lo particular, lo que permite el establecimiento de diversas leyes. La experimentación en laboratorio se demuestra muy útil al respecto, destacando los intentos de relacionar la composición química con la morfología cristalina. En este último período adquieren gran desarrollo la Cristalografía, Química del Cristal, Geoquímica y otras materias íntimamente relacionadas con la Mineralogía.

Los hechos más significativos que ocurrieron en estas etapas son los siguientes:

### *a) Fase Dogmática*

El primer contacto del hombre con los minerales se inicia cuando éste descubre su carácter útil. Puede decirse que la minería, entendida como expresión del aprovechamiento directo de estos minerales, es una actividad humana mucho más antigua que la agricultura.

En el Paleolítico, principalmente en el superior (sobre 15.000 años a.C.), el hombre ya utilizaba numerosas sustancias pétreas naturales, metálicas y no metálicas, como el sílex, que empleaban en la fabricación de herramientas y adornos o el colorante bermellón.

En el Neolítico (aproximadamente 7.000 años a.C.), el hombre empezó a utilizar los metales. Primero se emplearon los elementos nativos (oro, plata y cobre), y posteriormente los obtenidos a partir de los sulfuros, mediante la simple descomposición de éstos por el fuego.

En la Edad de Bronce (hacia 4.000-800 años a.C.) el hombre descubrió el procedimiento de obtener aleaciones fusibles de cobre con estaño, plomo, antimonio y plata, dedicándose a la extracción de las menas de estos metales. En esta época adquieren especial relevancia los trabajos con oro y plata, gracias a la técnica de moldeo por vaciado a la cera.

Del segundo milenio a.C. data precisamente la investigación geológica más antigua de la que se tiene noticia, que corresponde a una expedición egipcia que buscó, encontró y extrajo turquesas en abundancia en la península del Sinaí.

Todavía en la Edad de Bronce, se tiene noticia de la utilización de hierro meteórico con diversos fines (Egipto, 2.300 años a.C.). Es, sin embargo, en la Edad de Hierro (hacia 800-100 años a.C.) cuando se empezaron a forjar útiles de este metal a partir de la fusión de la mena de hierro.

A modo de anécdota no deja de ser curiosa esta división de los tiempos antiguos (edades de Piedra, Bronce, Hierro), que muestra la influencia de los minerales en el desarrollo de la Humanidad desde sus orígenes.

La primera recopilación escrita de datos relativos a las distintas especies minerales aparece en China, hacia el año 500 a.C., en donde el libro titulado San-Hey-Din recoge la descripción de diecisiete especies minerales y varios metales nativos. Por aquellas fechas los chinos descubrieron el carbón y el kao-ling, utilizado en la fabricación de porcelana. Estos últimos conocimientos no llegarían a Europa hasta el siglo XIII, con motivo de los viajes de Marco Polo.

Con el auge de Atenas, aparece la Mineralogía como ciencia filosófica, perdurando como tal durante siglos. En un principio, los filósofos se entregaron al ejercicio intelectual de descubrir hasta qué punto existían realmente leyes en la Naturaleza. Posteriormente, se empezó a observar el medio, aunque no de forma ordenada, y se sacaron algunas conclusiones, pese a lo cuál solían prevalecer las posturas dogmáticas.

Aristóteles (384-322 a.C.) fue el primero en establecer una división racional de la Naturaleza, consignando la existencia de los reinos animal, vegetal y mineral, estableciendo incluso una teoría sobre el origen de los minerales en su obra Meteorología. Un discípulo suyo, llamado Teofrasto de Efeso (371-286 a.C.) escribió un importante tratado (De Lapidibus) en donde se describen dieciséis sustancias, principalmente piedras preciosas, de las que se recogen sus propiedades organolépticas y aplicaciones. En esta obra se apunta ya hacia una división metodológica de los minerales conocidos en función de sus propiedades físicas, resultando tres grupos: piedras, tierras y metales. Posteriormente cabría destacar la descripción de numerosos minerales y rocas de Pedaneo Discorides (siglo I a.C.).

En esta época se inicia el coleccionismo de minerales, cuya primera referencia corresponde a Mitridates (135-65 a.C.).

En definitiva, los griegos llegaron por la vía del pensamiento a teorías que nunca podrían demostrar. Así inventaron la denominación de cristal que significa "coagulado del hielo", ya que suponían que el cristal de roca no era otra cosa que hielo de gran pureza. No obstante, pese al avance cultural de los griegos, si la minería no hubiera sido un jalón importante de su economía, es muy probable que la Mineralogía no hubiese penetrado tanto en el mundo de las ideas.

Con los griegos se incrementa notablemente el comercio de las sustancias minerales, existiendo menciones históricas de la importancia de Tartessos y Cástulo (Linares).

A los romanos, escasos de metales preciosos, sus necesidades económicas les llevaron a conquistar los países de su entorno, entre otras cosas, para la explotación de los recur-

sos minerales que contenían. En esta época España era famosa por su abundancia en oro, plata y mercurio, los cuales fueron extraídos en grandes cantidades. Puede decirse que la minería en nuestro país llegó a su máxima expresión con los romanos, que no dejaron por explotar ningún rico yacimiento accesible a la tecnología de aquel entonces, ni de investigar rincón alguno de la península.

Desde un punto de vista intelectual, los romanos se limitaron a copiar las ideas que sobre el mundo mineral habían expresado los filósofos griegos, aportando únicamente descripciones de nuevos minerales, y mejorando las técnicas extractivas y metalúrgicas. En el siglo I a.C. destacan dos autores preocupados por los minerales y las rocas: Papiro Fabiano y Vitrubio, que trataron en sus libros Causarum Naturalium Libri y De Architectura respectivamente de las piedras en minas y canteras, y de la descripción de las rocas empleadas en la construcción.

En la era cristiana cabe destacar la Historia Naturalis, de Plinio el Viejo (23-79), exhaustiva compilación de datos procedentes de 2.000 libros escritos en épocas anteriores, en donde se describen multitud de minerales, gemas y rocas, indicando sus yacimientos, usos y propiedades. Del siglo I al IV se conocen numerosos escritos mineralógicos.

La Península Ibérica fue extremadamente rica en yacimientos auríferos, citándose unos quinientos durante la dominación romana. En el siglo I a.C. Plinio indica una producción equivalente a siete toneladas anuales. Cálculos aproximados permiten estimar que el 20% del oro obtenido en el mundo antiguo, desde la Prehistoria hasta el comienzo de la Edad Media, provino de España y Norte de Portugal. Esta cantidad constituye el 2% del oro explotado en todo el mundo hasta 1.977.

Con la decadencia y caída del Imperio Romano hubo un frenazo del desarrollo cultural y económico, que afectó también a la minería y, con ella, a la Mineralogía.

En la Edad Media se inicia una recuperación coincidente con la implantación del Califato de Bagdad. En el mundo musulmán destacan las aportaciones de Biruni (972-1.048), que escribió Identificación de piedras preciosas, y de Avicena (972-1.037) que, en su Tratado de las piedras, describió y clasificó diversos metales, piedras preciosas y minerales.

En la Europa cristiana se mantiene la llave del conocimiento en las bibliotecas de los monasterios, donde sólo unos pocos iniciados disfrutaban del inmenso esfuerzo de recopilación y salvaguardia del saber romano y helénico. Alberto Magno (c. 1.193-1.280), influido por Aristóteles, estudia las ciencias de la Naturaleza y publica su obra De Mineralibus, en donde emplea por primera vez el término mineral, tal y como hoy se concibe, describiendo en ella noventa y cinco especies.

En esta época, también existe otra cultura mineralógica recogida a través del gremio artesanal de los lapidarios, los cuales van recopilando los relatos existentes sobre los distintos minerales, añadiendo leyendas y fantasías populares relativas a los mismos. En España Alfonso X (1.221-1.284) manda traducir al castellano El Lapidario, que es un compendio de tratados mineralógicos, en uno de los cuales se describen 365 tipos distintos de minerales.

A finales de la Edad Media, la Alquimia adquiere un fuerte desarrollo en Europa; su fin principal era descubrir la piedra filosofal, que transformaba por contacto los metales en oro. Los alquimistas no llegaron a descubrirla, pero indagaron en el mundo de los minerales y, si bien lograron algunos hallazgos, predomina en ellos el carácter fantástico de sus relatos.

### *b) Fase de observación-inducción*

A principio del siglo XVI se produce una cierta bonanza económica en Europa, basada en las reacciones del mercado continental frente a la traída de grandes cantidades de metales preciosos desde América. Esto provoca un desarrollo sustancial de la minería y, con ella, de la Mineralogía, que empieza a adquirir carácter científico, tras el abandono paulatino de las teorías dogmáticas.

Es precisamente durante el Renacimiento cuando la observación comienza a ser el fundamento de la ciencia. De este período destaca la figura de Leonardo de Vinci (1.452-1.519), pero sobre todo hay que subrayar el nombre de George Bauer "Agrícola" (1.494-1.555) al que se puede considerar el primer científico mineralogista. Agrícola publicó dos obras fundamentales, De Natura Fossilium (1.546) y De Re Metalica (1.553), donde se recogen todos los conocimientos mineralógicos, mineros y metalúrgicos de la época. Ordenó los materiales inorgánicos en cinco grupos: tierras, sales, gemas, metales y otros minerales. Él fue el primero en iniciar un auténtico empirismo científico, al observar las propiedades mineralógicas y agrupar las distintas especies en función de ellas.

En la obra de Agrícola se deja sentir la influencia de Biringuccio (1.480-1.539), que realizó una recopilación de las técnicas de laboreo y concentración de minerales, sentando en cierto modo las bases del desarrollo metalúrgico de los siglos siguientes.

En 1.572 se imprime en Valladolid el libro Quilatador de la Plata, Oro y Piedras de Juan Arphe, el primero que proporciona criterios sistemáticos para valorar dichos materiales.

Algo más de medio siglo después, en 1.640, se imprimió el Arte de los metales del licenciado Álvaro Alonso Barba, donde se esbozan el origen y génesis de las piedras preciosas y se explican las distintas maneras de beneficiar oro, plata y un sinnúmero de metales más. Fue una obra de gran repercusión en España, Europa y América en los siglos posteriores.

Otros autores con aportaciones de importancia acerca de la génesis, la morfología y estructura interna de los cristales son Descartes (1.596-1.650), Kepler (1.571-1.630) y Hooke (1.635-1.703). El primero describió el origen de los minerales, a los que supone formados a causa del calor del interior de la Tierra. Kepler, en 1.611, suministró la primera explicación sobre la morfología cristalina, al describir los cristales hexagonales de nieve como agregados geométricos de moléculas esféricas. Hooke, en su obra Micrographia (1.665), afirmó que la mayoría de las figuras cristalinas tomadas de la Naturaleza pueden ser reproducidas a partir de modelos de esferas. Estos autores pueden considerarse como pioneros en la defensa del modelo estructural basado en el empaquetamiento iónico.

Tras ellos, otros científicos crearon diversas teorías atomistas. Así Boyle (1.627-1.697) y Newton (1.642-1.729) consideraron que los cristales estaban constituidos por grupos de átomos formando poliedros, lo que permitía explicar la anisotropía cristalina. El primero introdujo el concepto de elemento químico, criticando la teoría griega de los cuatro elementos.

También fueron de gran interés los trabajos de Steno (1.638-1.687), Gugliemini (1.655-1.710), Lomonosov (1.711-1.765) y Rome Delisle (1.736-1.790) que condujeron al conocimiento de la regularidad geométrica de las caras en la formación de los cristales, finalmente plasmada en la "Ley de la constancia de los ángulos diedros".

Estos estudios dieron lugar al nacimiento de la Cristalografía, término acuñado por Capeller en 1.723.

En el siglo XVII se dedujeron las leyes relativas a la propagación de la luz y su naturaleza ondulatoria, sentándose las bases para la construcción del microscopio óptico.

A pesar de todo, los avances científicos producidos durante esta época no habían penetrado en la Mineralogía con la fuerza necesaria, con lo que asuntos tales como el conocimiento de la estructura de los cristales, la composición química y la causa de las propiedades permanecían aún sin explicación, ya que la mayor parte de los trabajos se centraron en la morfología cristalina.

### *c) Fase deductiva y de experimentación*

Los últimos siglos supusieron, al igual que en el resto de las ciencias, un espectacular avance de la Mineralogía, destacando los progresos en el conocimiento de la constitución interna y composición de los minerales, en su génesis y en Cristalografía. Todo ello propició el nacimiento de la Cristalquímica, la Geoquímica y otras materias relacionadas. Se produjo, además, un importante desarrollo del Análisis Químico Mineral, con la implantación de técnicas que permitían determinar, cualitativa y cuantitativamente, la composición de los minerales.

Pero está claro que la victoria de la ciencia moderna no fue completa hasta que se estableció el libre intercambio de información y la cooperación entre todos los científicos. A pesar de que esta necesidad parece ahora evidente, no lo era tanto ni para los estudiosos de la antigüedad, ni para los de los tiempos medievales e incluso posteriores.

La Química, desarrollada a partir de Boyle, fue de gran importancia para el conocimiento de los minerales, pero la penetración de sus métodos e ideas no se produjo hasta los siglos XVIII y XIX.

Impulsores de los avances en Química en relación con la Mineralogía fueron Proust (1.754-1.826), que descubrió el análisis por vía húmeda, Dalton (1.766-1.844) que dio a la teoría atómica una base científica, Richter (1.762-1.807) que dedujo la existencia de unas relaciones determinadas de peso entre los constituyentes de las sales y Lavoisier (1.743-1.793), el cual definió la materia por su propiedad de ser pesada.

El descubrimiento de nuevos elementos químicos tuvo gran transcendencia para entender el comportamiento y características de los compuestos minerales.

Hay que hacer referencia a las actuaciones de Bunsen (1.811-1.899) y Kirchhoff (1.824-1.887), creadores en 1.859 del análisis espectral que tanto ha contribuido a la identificación de los elementos químicos.

El estudio de las propiedades físicas de los minerales siguió más o menos una evolución paralela al de las propiedades químicas. Así, Malus (1.755-1.812) descubrió los fenómenos de polarización de la luz, Fresnel (1.788-1.827) sentó los fundamentos de la óptica del cristal, Nicol (1.768-1.851) obtuvo las primeras láminas polarizadas a partir de espató de Islandia, y estudió los minerales con luz polarizada, naciendo así el microscopio polarizante con el cual se podía observar lo que antes era difícil o imposible de ver, Mohs (1.773-1.839) estableció la escala de dureza que lleva su nombre, Becquerel (1.788-1.878) descubrió la radiactividad, los hermanos Curie (1.859-1.906 y 1.855-1941) realizaron importantes estudios sobre la pizeoelectricidad en minerales y las propiedades eléctricas de los cristales, Roentgen (1.845-1.923) descubrió los rayos X, etc.

A mediados del siglo XIX, la Cristalografía había sentado ya sus bases teóricas, teniendo un gran desarrollo entre la segunda mitad de este siglo XIX y el primer tercio del XX. A destacar los trabajos de Delafosse (1.796-1.878) y Bravais (1.811-1.863) sobre los modelos reticulares, posteriormente completados por Hessel (1.796-1.872), Gadolin (1.760-1.852), Barlow (1.776-1.862) y Fedoroff (1.855-1.890). Más tarde, Von Laüe (1.879-1.960) organizó los primeros experimentos de difracción de rayos X con cristales, demostrando en 1.912 el carácter ondulatorio de dicha radiación, así como la constitución reticular de las estructuras cristalinas. Por tanto, los rayos X permitieron confirmar la teo-

ría reticular al poder ser medidos los parámetros espaciales, lo que dio lugar al nacimiento de una rama de la Cristalografía: la Cristalografía Estructural.

A finales del siglo XIX y principios del XX se sintetizan los principios de la Cristalografía y de la Mineralogía Química, creándose al inicio de los años veinte la Cristalografía Química, de la mano de Goldschmidt (1.888-1.947). Al desarrollo de esta materia contribuyen notablemente Fedorov y, sobre todo Groth (1.843-1.927).

En el siglo XX hay un incremento sustancial del conocimiento, siendo en muchos casos complicado averiguar quién tiene la paternidad sobre determinados conceptos, ya que son numerosos los científicos y pocos los realmente considerados grandes creadores. Algunos de los logros más relevantes se citan a continuación.

Entre 1.900 y 1.910 nace la Geoquímica, gracias a las aportaciones de Vernadsky (1.863-1.945), Fersmann (1.883-1.945) y Goldschmidt.

Hacia 1.920 se crea la Cristalografía a partir de los trabajos de Goldschmidt y Fedorov.

La teoría del isomorfismo adquiere una nueva perspectiva a partir de los trabajos de Grim, Goldschmidt y Fersmann. Asimismo, los tipos de empaquetamientos densos de Belov permiten la interpretación estructural de sustancias de composición compleja, como los silicatos. De igual forma, los descubrimientos de la Termodinámica y de la Química-Física se aplican al conocimiento estructural.

El estudio de las relaciones existentes entre las propiedades físicas y la constitución interna adquiere un nuevo enfoque, al definirse las primeras en función de las segundas.

En estos años también se producen importantes aportaciones en el campo de la Mineralogía, aspecto éste que siempre interesó a los estudiosos desde la época de Aristóteles.

Respecto a la sistemática mineral, hasta el siglo XVI se ordenaron y organizaron los distintos grupos de minerales de acuerdo con las características físicas y morfológicas. En el siglo XVIII aparecieron las primeras clasificaciones basadas en principios químicos, iniciándose una serie de enfrentamientos entre los partidarios de uno y otro tipo de clasificaciones, que condujeron a la definición de sistemas mixtos durante todo el siglo XIX. En 1.931 se idearon los modelos de clasificación basados en estructuras cristalinas, los cuales tuvieron poco éxito, dando paso a las clasificaciones cristalografía, químico estructurales, genéticas, geoquímicas o mixtas. Una clasificación muy extendida en la actualidad es la de Kostov (1.954), que puede considerarse establecida en base a criterios geoquímicos, cristalografía y genéticos.

No obstante el gran impulso que ha tenido la Mineralogía en este siglo, quedan todavía muchos problemas por resolver, pero nuevas técnicas de trabajo y métodos de análisis se



presentan con una gran perspectiva de futuro: el estudio de la distribución de los isótopos naturales, la difracción de neutrones, el análisis por fluorescencia de rayos X, la microscopía electrónica de barrido, el estudio de inclusiones fluidas, la microscopía cuantitativa apoyada en analizadores de imagen, etc., abren importantes puertas a la profundización en el conocimiento de los minerales.

La incorporación de la informática, con programas cada vez más avanzados y con resoluciones gráficas más completas, y la recopilación de documentación a través de bancos de datos, facilitarán el rápido progreso de esta ciencia.

## EL PRESENTE DE LA JOYERÍA Y SU RELACIÓN CON LAS CIENCIAS GEOLÓGICO-MINERAS

Este trabajo finaliza igual que ha comenzado: tratando de la joyería. Si al principio se hacía mención de esta actividad en sus inicios, ahora se concluye planteando dos preguntas )Qué es la joyería actualmente, desde el punto de vista técnico? y )Realmente existe vinculación con las ciencias mineras y de los minerales?

Hoy día la joyería en general, puede dividirse en tres ramas principales: Joyería, Gemología y Tasación de joyas. Los conocimientos en cada una de ellas ya no se obtienen mediante la experiencia proporcionada por el trabajo durante años en talleres, en los que se entraba como inexperto aprendiz sin preparación previa. En la actualidad, es normal que los talleres soliciten a sus empleados una preparación específica que es proporcionada mediante la asistencia a escuelas de joyería en las que se imparten enseñanzas muy diversas.

Estas enseñanzas abordan contenidos como los siguientes: Sacado de fuego, Engastado, Modelado a la cera, Grabado de metales, Esmaltado, Hechura de piezas de oro, Enfilado, Lapidado, Diseño, Gemología, Tasación de joyas, etc.

Los conocimientos proporcionados por el estudio de estas materias, permite la obtención de perfiles profesionales distintos que, básicamente, dan lugar a las tres ramas técnicas de la Joyería citadas al principio.

Los programas de contenidos de las materias que no consisten específicamente en trabajos manuales, incluyen aspectos muy relacionados con las ciencias citadas al describir el desarrollo histórico del conocimiento de los minerales. Así, en lo que respecta a las piedras preciosas y semipreciosas, se enseñan el ciclo geológico de las gemas y su impacto sobre la composición química, mineralógica y estructural de éstas; las características de los cristales (ejes, centros, constantes cristalográficas, maclas, agregados cristalinos); propiedades físicas de los cristales (dureza, tenacidad, exfoliación, partición y fractura, peso específico); pro-

iedades eléctricas (piezoelectricidad, piroelectricidad, triboelectricidad, conductividad) y magnéticas; el comportamiento de la luz (reflexión, refracción, índices, reacciones de las gemas a la luz ultravioleta, dicroísmo); el color, brillo y transparencia de las gemas; las inclusiones e imperfecciones cristalinas; etc.

En el campo de los metales utilizados en joyería se desarrollan temarios que tratan de la descripción y evaluación de las características físicas, químicas y ópticas de dichas sustancias; de su empleo y procedencia; de las aleaciones y soldaduras (oro, plata, platino, chapados, recubrimientos, pátinas, esmaltados, lacados, etc.); del lapidado (tallas); etc.

Además, se enseña a utilizar distinto instrumental bien conocido por los especialistas en Cristalografía: lupas, calibres, espectroscopios, polariscopios, dicroscopios, refractómetros, conductímetros, lámparas de luz ultravioleta, lápices y cristales de dureza, balanzas hidrostáticas, etc.

En definitiva, las respuestas a las preguntas planteadas serían la siguientes:

La joyería de hoy es una actividad que se basa en el estudio técnico de disciplinas desarrolladas desde la más remota antigüedad. Su vinculación con la minería existe desde el momento en que ha sido y es su principal fuente de suministros de materia prima; y con las ciencias de los minerales, también, ya que, hoy por hoy, no puede concebirse la joyería de calidad sin amplios conocimientos cristalográficos y de los metales, al igual que sucede con muchos otros profesionales de las ciencias de la Tierra.

## CONCLUSIONES

A lo largo de la historia, el conocimiento de los metales básicos y, sobre todo, de los minerales, ha evolucionado debido a una demanda social cada vez mayor. El motor que movió a los hombres de un confín a otro del mundo antiguo conocido, fue la necesidad vital de descubrir y explotar yacimientos de metales preciosos y gemas, bien con fines ornamentales, bien con fines puramente prácticos.

Esta inquietud se ha traducido en la creación y desarrollo de disciplinas que las primeras escuelas de minas europeas fueron pioneras en abordar. El objetivo fue la enseñanza sistemática de las ciencias mineralógicas, no solo a nivel de prospección, explotación y beneficio de los elementos valiosos, sino también en lo que se refiere a la investigación de sus maravillosas propiedades, redundando todo ello en un mejor conocimiento general de las gemas y los metales, lo que permitió a joyeros y orfebres el diseño y fabricación de joyas cada vez más evolucionadas técnicamente.

La joyería ha hecho suyas muchas de estas disciplinas, las cuales juegan un papel muy relevante en dicha actividad.

Y siguiendo esta tradición que se inició hace miles de años, los mineros actuales y futuros seguirán proporcionando materias primas a los joyeros, y Minería y Joyería continuarán juntas por siempre la andadura que iniciaron en los albores de la Humanidad unida por una pasión común: la atracción por los metales y los minerales.

## BIBLIOGRAFÍA

ALONSO BARBA, A. (1.640) Arte de los metales. Ed. facsímil. Librerías París-Valencia. Valencia 1.993.

BLANCO, A. (1.989) Orfebres prerromanos. El oro en la España Prerromana. Revista de Arqueología. Madrid.

BODEGA, F. (1.991) Notas sobre la historia antigua del plomo y la plata. Industria Minera. Madrid.

MARTÍN, J.M. Ed. (1.990) El gran libro de la esmeralda. Ed. La gran enciclopedia vasca. Bilbao.

PEREA, A. (1.989) Tecnología y métodos de estudio. El oro en la España Prerromana. Revista de Arqueología. Madrid.

PUCHE, O. (1.991) La enseñanza de la Mineralogía. E.T.S. Ingenieros de Minas. Madrid. Inédito.

PUCHE, O. (en prensa) Historia de la minería no energética española. En Historia de la Tecnología en España. Ed. F. Ayala. Madrid.

PUCHE, O. y AYALA, F.J. (1.995) Notas sobre la minería y metalurgia españolas en la época del Imperio. Bol. Geol. y Min. Vol. 106-2.

SÁNCHEZ, F.J. y PÉREZ, L.C. (1.989) Los yacimientos auríferos de la Península Ibérica. Posibilidades de explotación en la antigüedad. El oro en la España Prerromana. Revista de Arqueología. Madrid.

SÁNCHEZ-PALENCIA, J. (1.995) Minería y metalurgia de la región astur en la antigüedad. Asturias. Pueblos y culturas en la frontera del Imperio Romano. Gijón.