

**GEMAS: HISTORIA,  
IDENTIFICACIÓN Y PERSPECTIVAS**

**PURIFICACIÓN FENOLL HACH-ALÍ**

Excelentísimo Sr. Presidente de la Academia de Ciencias Matemáticas, Físico-Químicas y Naturales de Granada

Excelentísimos e Ilustrísimos Miembros de la Academia.

Queridos amigos y compañeros.

Señoras y Señores.

Cuando mi querido amigo el Excmo. Sr. Presidente de la Academia Prof. Enrique Hita Valverde me llamó, con su peculiar urgencia, para “sugerirme” que solicitara mi posible ingreso en la Academia de Ciencias Matemáticas, Físico-Químicas y Naturales de Granada, mi primera reacción fue de extrañeza, pues siempre pensé que una institución de este tipo, ante la posibilidad de un aumento de sus miembros, debería proponer a personas de cualificación científica y actividad personal incuestionables. No obstante, aunque en mis circunstancias actuales no estoy muy segura de poder ofrecer todo lo que se merece la Academia, es para mí un gran honor haber sido propuesta para ingresar como posible Académica Numeraria de esta Academia y, por ello, deseo expresar mi más sincero agradecimiento al Prof. Hita, a todas aquellas personas que han apoyado mi candidatura, y muy especialmente a mi compañero y amigo el Prof. Manuel Rodríguez Gallego por aceptar pronunciar el discurso de contestación.

Además, deseo expresar también mi agradecimiento a todos mis antiguos profesores y maestros Prof. A. Hoyos, Prof. A. Guiraum, Prof. R. Aguirre, Prof. E. Gutiérrez Ríos, Prof. A. Rancaño, Prof. F. Capitán, Prof. J. Mañas, Prof. J.L. Martin Vivaldi, Prof. J.M. Fontboté, Profa. A. Linares, Prof. A. Weiss, Prof. P. Ramdohr, Prof. G.C. Amstutz y Prof. G. Moh, que con su sabiduría y paciencia siempre consiguieron despertar mi curiosidad por materias y temas científicos diversos que me entusiasmaron a lo largo de toda mi vida docente e investigadora, razón por la cual estaba indecisa sobre qué tema debía elegir para este acto.

Sin embargo, antes de comenzar con esta presentación no quisiera dejar de expresar la reflexión que me llevó a elegir el tema a tratar en este discurso. Aun mantengo de mis recuerdos de niña, cuando en Marruecos iba con mi madre y mi hermana a la casa de unos familiares en la que, mientras tomábamos té y dulces morunos, el padre de la familia nos enseñaba unos cilindros plateados que abría para dejar caer sobre el tapete de la mesa unas piedras bellísimas, de colores rojos, verdes, azules.... y nos permitía tocarlas y tenerlas en las manos mientras nos hablaba de ellas. Quien me iba decir que la belleza de esas piedras, que nunca se me olvidaron con el paso de los años, es una de las propiedades que poseen las gemas por la cual merecen estudiarse adecuadamente y así evitar los posibles engaños que en torno a ellas puede realizar el hombre en beneficio de solo unos pocos.

Por ello, y gracias a la inestimable ayuda que, desde siempre y en las circunstancias actuales, he tenido en esta línea de trabajo por parte de mis queridos amigos y compañeros Alberto López Galindo y Fernando Gervilla Linares, y en memoria también de mi amigo José Nicolau, que me animó a realizar los estudios de Gemología en la “Gemmological Association of Great Britain”, he elegido el tema de las gemas para adentrarnos un poco en su fascinante mundo.

## 1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

Las gemas han llamado poderosamente la atención del hombre desde la antigüedad. Todas ellas, salvo la perla, el coral y el ámbar, son minerales y, por tanto, sustancias cristalinas naturales. La forma externa exhibida con frecuencia por algunos minerales, así como su color, brillo, transparencia o dureza, despertaron pronto el interés por ellos, habiendo constancia de que los antecesores del *Homo sapiens* recogieron y usaron cristales de cuarzo como herramientas.

Pero fue la belleza de algunos especímenes minerales lo que los convirtió en objetos preciosos muy valiosos, y su posesión y exhibición eran símbolos de poder, aparte de las propiedades mágicas que se les atribuían. Se conoce bien el uso ornamental no sólo del *oro* y la *plata*, sino también del *corindón*, *topacio*, *olivino*, *jadeíta*, *amatista*, *cornalina*, *jaspe*, *ónice*, *ópalo*, *turquesa*, *granates*, *lapislázuli* y *malaquita* por los antiguos sumerios, egipcios, chinos y mayas. No hay que olvidar, además, que su uso mágico/religioso, fue casi contemporáneo y se vio reflejado incluso por ej. en el Antiguo Testamento, que recoge 23 minerales de uso ornamental y litúrgico.

Sin embargo, no se ha encontrado ninguna versión escrita de algún relato coherente sobre las propiedades de esos minerales, y al no haber, fuera de la transmisión oral, un conocimiento organizado ni reproducido de la selección realizada por el hombre en dicha época, cabe pensar que la utilización de los minerales precedió durante muchos milenios al hecho de que el hombre considerase de interés su estudio detallado y diese comienzo al establecimiento de la Mineralogía como ciencia de los minerales

Las principales características universales de los minerales relacionadas con su belleza son el *color intenso* (es decir, la ausencia de tonalidades grises, marrones o lechosas), la *transparencia* (como indicador de la perfección interior, sin inclusiones, defectos o grietas) y el *brillo* (consecuencia de la reflexión de la luz y,

por tanto, de la ausencia de irregularidades en la superficie). Por alguna razón, todos disfrutamos mirando un sólido de color llamativo, brillante y transparente, lo que nos provoca un efecto tranquilizador. En las gemas es muy valorada, además, una *dureza* elevada, ya que permite que estas características deseadas no se alteren con el tiempo.

### *Los minerales en la Prehistoria*

La relación del hombre con los minerales es muy antigua, pues ya el hombre prehistórico los utilizaba como herramientas que le hacían la vida más fácil, en épocas anteriores al Holoceno y al *Homo sapiens*, y también es conocida su utilización en las comunidades de los prehomínidos (*Homo faber*, *Homo erectus*), bajo la forma de utensilios y ornamentos en asentamientos muy antiguos, de 0,9 y 1,2 millones de años

Ya en el Paleolítico existen evidencias de tales usos, y aunque estos primeros adornos estaban hechos de objetos muy fáciles de encontrar tales como huesos, dientes, conchas, caracolas..., pronto, el hombre primitivo, comenzó a buscar debajo de la superficie de la tierra o en los lechos de los ríos las piedras más escasas, eligiendo las de mayor dureza, como el *pedernal* y la *obsidiana* para fabricar herramientas capaces de cortar otros materiales, separando los ejemplares que, por su tamaño, belleza, pureza, color, brillo o rareza, pudieran ser usados como ornamento personal, fabricando talismanes, amuletos o simples adornos, con fines estéticos, rituales o religiosos y así poder diferenciarse de sus semejantes y marcar la pertenencia a un grupo determinado, o manifestar el ejercicio de una función relevante dentro de su entorno.

Los datos de la antropología, junto con la documentación asociada a los lugares habitados por el hombre primitivo, han permitido comprobar estos hechos y enumerar una larga lista de los minerales usados en su vida cotidiana como utensilios variados (armas y objetos de culto o de adorno). Entre ellos se encuentran como más

utilizados los siguientes: *cuarzo, obsidiana, ópalo, turquesa, malaquita, oro, cobre, plata, granates, corindón, topacio, hematites, olivino, jadeíta, alabastro y lazurita,*

### *Las joyas en el antiguo Egipto*

Los antiguos egipcios fueron unos auténticos apasionados de la ornamentación y diseño de determinadas piedras, como queda constatado gracias a la costumbre que tenían de enterrar a sus faraones y sacerdotes con sus ajuares y joyas lo cual ha permitido conocer la tecnología de la joyería egipcia, así como los tipos de piedras preciosas más usadas como alhajas o amuletos y su significado espiritual.

Los orfebres egipcios creaban los diseños de sus alhajas manualmente utilizando una gran variedad de minerales tales como *la amatista, la cornalina, el jaspe, el ónice, el lapislázuli, la turquesa y el cuarzo.*



*Adorno pectoral de Tutankamón, con incrustaciones, constituido por un disco solar de cornalina engarzado entre las patas delanteras del escarabajo de lapislázuli y cuyas alas están constituidas por cornalina, lapislázuli y turquesa.*

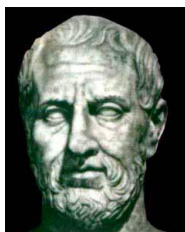
Estos minerales llegaron a alcanzar una gran importancia en la cultura egipcia, pues tenían dos funciones, ya que se valoraban tanto por su belleza en el caso de las joyas, como por la protección mágica que les proporcionaban en el caso de los talismanes, que usaban como amuletos para evitar el peligro y alejar a los malos espíritus y considerarlos la fuente de las fuerzas mágicas que les protegían.

También identificaban los metales y minerales con sus dioses y con ciertos poderes terapéuticos. Así, el *cobre* y la *malaquita* los identificaban con el dios Hathor y el *oro* con el dios Sol. Durante mucho tiempo, la *plata*, debido a su escasez, fue más importante que el oro, y el mineral más utilizado el *lapislázuli*, que junto a la *turquesa* eran sinónimos de alegría y placer.

### *Mineralogía y Gemas en Grecia y Roma*

Puesto que las gemas son fundamentalmente minerales, su estudio científico está, lógicamente, ligado al estudio de la Mineralogía y la Cristalografía. Por ello, es fundamental hacer una breve reseña histórica de los autores que han sido pilares básicos para tener un conocimiento adecuado y fiable de ellas.

Los primeros atisbos de una mineralogía incipiente aparecen en la Grecia clásica (siglo V AC) cuando HERODOTO utiliza el vocablo *krystallos* para aludir al hielo. Un siglo más tarde PLATÓN le adjudica el doble significado de hielo y cristal de roca.



Más tarde TEOFRASTO, en su ensayo titulado “Sobre las piedras” (315 AC), describe por primera vez el *cinabrio*, la *crisocola*, la *magnetita* y el *yeso* como minerales, siendo el color y la densidad las dos propiedades más relevantes en sus descripciones.



En Roma, GAIUS PLINIUS SECUNDUS, más conocido como Plinio El Viejo, en su enciclopedia “*Naturae Historium Libri*” (77 DC) describe el *ágata*, *alabastro*, *berilo*, *calcita*, *casiterita*, *diamante*, *electro*, *galena*, *hematites*, *malaquita* y *oropimente*, especies comunes que la sistemática mineral los adjudica actualmente a su nombre.

Paralelamente al descubrimiento y el reconocimiento de la Mineralogía como ciencia, la belleza de algunos ejemplares cautivó a artesanos y coleccionistas, y los seleccionaron como gemas que grabaron y tallaron para usarlas como valiosos adornos. Los primeros tipos de “grabados” constituyeron los llamados *entalles* (del italiano *intaglio*), que son huecograbados realizados en una de las superficies de la gema cortada, y los *camafeos*, que son grabados esculpidos en bajo relieve, aunque ya en el antiguo Egipto se introdujo el diseño del *escarabajo*, con una parte convexa grabada para asemejarse a un escarabajo pelotero, y una superficie plana grabada

con un entalle. Este tipo de gemas grabadas servían como sellos o amuletos, que eran perforadas y usadas como anillos o dijes. Cuando era usada como sello la gema podía girarse y el lado del entalle se presionaba contra arcilla o cera suave, dejando una marca para identificar y asegurar la propiedad.

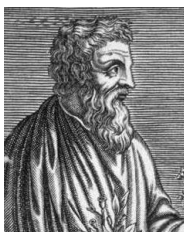


*Gema de cornalina grabada en forma de escarabajo en la parte superior y con un carruaje de dos caballos y un conductor en la inferior. Etrusca, 400–300 AC.*

Algunos antiguos escultores de gemas firmaban su obra, como EPÍMENES (siglo V AC), o DISCÓRIDES, SOLÓN y GNAIOS (siglo I AC), pero la mayoría de los trabajos clásicos con gemas están sin firmar.



EPÍMENES fue un escultor griego, alrededor del año 500 AC. Aunque no firmó este entalle de cornalina, “*Joven ajustando la correa de su sandalia*”, la pose de la figura y otros detalles son tan parecidos a otra gema que sí firmó que los expertos en esta materia están seguros de que él la talló.



PEDANIUS DIOSCÓRIDES (activo entre los años 65–30 AC), es uno de los pocos escultores de gemas griego. Fue mencionado por varios autores romanos como el escultor del sello personal del emperador Augusto. La fama de Dioscórides llevó a escultores posteriores a copiar su obra y falsificar su firma.

SOLÓN, escultor de gemas de la antigua Grecia, activo entre los años 70–20



AC, fabricó varias imágenes de figuras mitológicas, entre las que destaca el entalle en amatista sobre engaste de oro de la “*Cabeza de Apolo*” atribuida a él.

GNAIOS, (activo entre los años 40–20 AC.) fue también un escultor antiguo del cual se conservan desde la antigüedad cuatro gemas que portan su firma, todas ellas como impresionantes *entalles* de gobernantes, como Marco Antonio, y de figuras mitológicas.

### *Siglos XI-XII y XIII*

Con la caída del imperio romano se produce en Europa un retroceso notable en la ciencia y en las artes, que no se recupera hasta varios siglos después. En Oriente Medio, sin embargo, se producen algunas obras notables.



ABÚ RAYHÁN MUHAMMAD IBN AHMAD AL-BIRUNI (973-1048), famoso intelectual persa, destacó, entre otras ciencias, en geología, química y física. De sus 146 publicaciones, dos libros versaron sobre minerales y piedras preciosas.

Su libro titulado *Gemas*, dividido en piedras preciosas y metales, trata de las propiedades de un centenar de minerales conocidos en el imperio persa y que observó en sus campañas en China, India, Ceilán, Bizancio, Egipto, Mozambique y Europa oriental, así como sobre sus yacimientos, rocas asociadas, color, dureza, producción, costos y precios. Tal vez lo más interesante sea la determinación de la densidad mediante el uso de la balanza hidrostática, con datos para 18 minerales y una precisión que apenas se alcanzó en Europa hasta ocho siglos después.





La mineralogía también documenta el aporte de un médico árabe del sur de España: ABU ALI AL-HOSAIN IBN ABDALLAH IBN SINA (AVICENA, 980-1037). Fue precisamente en Granada donde clasificó los minerales en cuatro grupos: 1) las piedras que no daban metales (refractarias al fuego); 2) los metales o piedras metálicas que dejan régulo metálico al quemar; 3) los sulfuros (totalmente volátiles al quemar) y 4) las sales solubles en agua.

YAHYA ZAKARIYA IBN MUTHAMMAD IBN MAHMUD, AL-QAZWINI (1203-1283), nacido en el pueblo de Qazvin, en el Irán actual, practicó las ciencias relacionadas con la astronomía, física, mineralogía y geología. Fue autor de una cosmografía titulada “*Maravillas de las cosas creadas y curiosidades de las cosas existentes*” que incluye conocimientos mineralógicos  rabes y relatos fantasmiosos acerca de sus aplicaciones médicas y esotéricas. Describe la *amatista*, la *galena* y la *magnetita*, y postul  la influencia de los astros en el origen de los metales, creencia con raíces babilónicas que se proyect  en los símbolos usados por la alquimia.



*Azulejo con dos conejos, dos serpientes y una tortuga. Ilustración para el libro de Al- Qazwini “Maravillas de Cosas Creadas y Aspectos Milagrosos de las Cosas Existentes” Siglo XIII.*

Paralelamente, en la Europa central transcurrió la existencia de ALBERT VON BOLLSTATT (1207-1280), que firmaba como ALBERTUS MAGNUS sus escritos y consideraba que los metales se formaron por dos principios, uno térreo y otro acuoso. Su libro “*De rebus metallicis et mineralibus*” explica el origen de los yacimientos por destilación de los metales en el interior ígneo del planeta y su condensación en vetas formadas por el relleno de fracturas en la corteza terrestre. También tuvo el mérito de ligar textos griegos y  rabes antiguos.

En el siglo XVI, tras el apogeo del mundo árabe, sobresale como mineralogista



GEORG BAUER (1494-1555), conocido como AGRÍCOLA.

Aunque se interesó vivamente por el estudio de las sustancias minerales empleadas como medicamentos, fue mejor mineralogista que médico y extendió sus investigaciones al campo de la mineralogía y a la teoría de las menas, así como a las técnicas empleadas en la minería.

Sus obras, publicadas en el periodo de 1544 a 1563, son textos originales de mineralogía en los que describe los métodos adecuados para identificar los minerales y preparar medicamentos. Sus técnicas de mineralogía determinativa eran básicamente correctas y sus principios han perdurado hasta la actualidad. Describe el color, brillo, transparencia, densidad, exfoliación y fractura entre las propiedades físicas y fue el primero en reconocer el origen orgánico de los fósiles. La sistemática mineral moderna lo reconoce como descubridor del *almandino*, *bismuto*, *bórax*, *fluorita* y "*salmiac*". *De re metallica* fue su obra magna y la razón de su merecida fama, pues tuvo una notable divulgación mundial como texto de consulta en minería.

En el siglo XVII se establecen las bases de la cristalografía, la química, la física y la mineralogía determinativa. A partir de este siglo se crearon también las Academias de Ciencias para estimular el inicio de los grandes descubrimientos científicos. La primera fue la *Accademia Nazionale dei Lincei*, en Italia (1603); casi medio siglo después le siguió la *Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina*, en Alemania (1652), la *Royal Society of London*, en Inglaterra (1660) y la *Académie des Sciences de Paris*, en Francia (1666). Las demás academias se fundaron en centurias posteriores (Suecia, Dinamarca, Noruega, Bélgica, Escocia e Irlanda) por citar sólo las organizadas en el siglo siguiente.

Por su innegable interés cabe destacar, entre otros, los siguientes descubrimientos básicos para el estudio y reconocimiento de las gemas:



ERASMUS BERTHELSEN (1625-1698), profesor de matemáticas y medicina en Copenhague, en su libro *Experimenta crystalli islandici disdiaclastici* describe la doble refracción en la calcita de un modo que influye posteriormente para postular la teoría ondulatoria de la luz.



CHRISTIAAN HUYGENS (1629-1695), nacido en La Haya, describió la luz generada por ondas, en contra de la teoría de la luz generada por partículas defendida por ISAAC NEWTON (1642-1727). Edita en París el libro *Traité sur la lumière* (1690), con su teoría ondulatoria de la luz y detalla los fenómenos de la reflexión y refracción de la luz.



ROBERT BOYLE (1627-1691), inglés pionero en el análisis de minerales, publicó *The Sceptical Chymist*, (1661) de gran influencia para separar la química naciente de sus oscuras raíces alquimistas. Los intereses de Boyle también abarcaron la termoluminiscencia del diamante y el color de las gemas.



NIELS STENSEN (1638-1686), nacido en Copenhague era más conocido por su pseudónimo latino NICOLÁS STENO. Su mayor obra *De solido intra solido naturaliter contento dissertationis prodromus*, fue publicada en Florencia (1669). Su versión inglesa publicada en Londres (1671), se considera

en la actualidad uno de los libros más importante sobre las bases de la Geología. Se le reconoce haber expuesto en dicha obra la primera ley cristalográfica o ley de la constancia de los ángulos diedros, tras medir los ángulos entre las caras en cristales de cuarzo de variado tamaño y procedencia.



El holandés ANTONIE VAN LEEUWENHOEK (1632-1723), exhibió en Ámsterdam, durante el año 1648, su famoso invento del microscopio simple, que revolucionó la investigación en ciencias naturales, incluyendo el estudio de los minerales.

Durante el año 1695 el mismo lo usó para describir el ángulo de exfoliación del yeso.



DOMENICO GUGLIELMINI (1655-1710), nacido en Bolonia, fue mineralogista y destacado cristalógrafo. Calculó en 1707 los elementos de cristalización a partir de cuatro formas poliédricas, el cubo de la halita, el octaedro del alumbre (sulfohalita), el prisma hexagonal del salitre

(nitratina y nitrato de aluminio) y el prisma oblicuo del vitriolo (calcantita).

El físico suizo MAURICE ANTONIUS CAPPELLER (1685-1769) editó una introducción a la cristalografía que tituló *Prodromus Crystallographiae* (1723), con los primeros dibujos correctos de cristales de minerales y una clasificación primitiva de cristales, donde afirma que la forma cristalográfica supera al color para identificar los minerales. También fue el primero en usar el término “cristalografía” para esta disciplina.

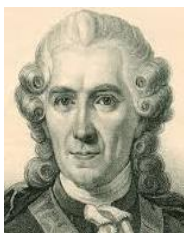
El mineralogista y químico sueco Barón AXEL FREDRIK CRONSTEDT (1722-1765) fue pionero en postular una sistemática mineral sobre bases químicas según la opinión de Berzelius. Sus experiencias se editaron en *Essay towards a System of Mineralogy* (1758), donde describió los minerales *bismutinita*, *cobaltita*, *gersdorffita*, *morenosita* y *vivianita*. Acuñó el nombre *zeolita* para ese importante grupo mineral.

En el siglo XVIII,



BAPTISTE LOUIS ROME DE L'ISLE (1736-1790) publica en París el libro titulado “*Essai de Crystallographie ou Description des figures géométriques propres a différens Corps du Règne Mineral connu vulgairment sous le nom des Cristaux*” (1772). Aplica la ley de Steno a la medida de los

ángulos interfaciales para el dibujo de cristales, en una colección personal de minerales que ilustra con un catálogo de 600 páginas y 452 figuras, impreso en el año 1767.



TORBERN OLOF BERGMAN (1735-1784), pionero sueco de reconocido prestigio en química y cristalografía nació en Katrineberg, y se graduó en el año 1758. Efectuó por primera vez análisis cuantitativos de minerales y elaboró una de las primeras clasificaciones de minerales, basada en sus formas

cristalinas externas y su composición química, en el libro *Disquisitio de attractionibus electivis* (1775). La *torbernita*, fue el mineral que von Born le dedicó en el año 1772.



El monje francés RENÉ JUST HAÛY (1743-1822) aporta con la precisión de sus trabajos un avance hasta entonces inédito en el campo de la cristalografía y la mineralogía. Su trabajo le permitió enunciar la ley de la racionalidad de los índices o ley de la racionalidad de las relaciones paramétricas en cristales,

conocida actualmente como Ley de Haüy-Weiss.



JÖNS JACOB BERZELIUS (1779-1848), químico sueco, integrante del cuadrilátero de oro de la química moderna junto con el inglés John Dalton y los franceses Antoine-Laurent Lavoisier y Joseph Louis Proust, se le considera el padre de la sistemática mineral organizada con el criterio químico que hoy exhiben las diez clases de la Mineralogía Sistemática.

Por otra parte, en esta época la Academia de Minas de Friburgo, fundada en 1765, alcanzó un prestigio mundial relevante gracias a la excelente calidad de sus enseñanzas y la labor de sus docentes, entre los que cabe destacar:



El famoso ABRAHAM GOTTLOB WERNER (1750-1817), que separó y enseñó la mineralogía (orictognosia) como ciencia diferente que abarcaba la mineralogía determinativa orientada a la práctica minera para la identificación y la clasificación mineral en las menas.

Su sistemática mineral se basó en el color, brillo, dureza, raya, densidad, cohesión, textura y agregación de los minerales.



CARL FRIEDRICH CHRISTIAN MOHS (1773-1839), alemán nacido en Gernrode, Sajonia y educado en Freiberg, publicó una Historia Natural del Reino Mineral (1804). Aún se le reconoce por su exitosa Tabla de Mohs (1812) o tabla de dureza relativa al rayado entre diez minerales ordenados con

dureza creciente, desde el talco (1) al diamante (10).

*En el siglo XIX* la cristalografía crece ajustando sus definiciones conceptuales e inaugurando las bases de la cristalografía estructural. Se contempló la evolución explosiva de la mineralogía sistemática y determinativa realizada sobre las sólidas bases químicas que proporcionaron Berzelius, Proust y Dalton y las nuevas

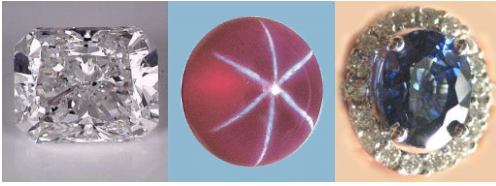
herramientas de la cristalografía estructural aportadas por Bravais, Schönflies, Fedorov y von Groth.



Al pasar *al siglo XX*, la cristalografía morfológica alcanza su cenit funcional, coincidentemente con el hallazgo de la difracción de los rayos X por los cristales, apogeo que podemos asociar entre otros a la edición de los dieciocho tomos del memorable “*Atlas der Krystallformen*” (1913-1923) del cristalógrafo e ingeniero alemán VICTOR MORDECHAI GOLDSCHMIDT (1853-1933).

## II. PROPIEDADES DE LAS GEMAS

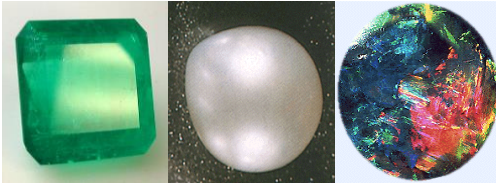
Durante un largo periodo de tiempo no se necesitaba, ni era realmente posible, la experta identificación de las gemas, y los especialistas tenían poco más que el “ojo de la experiencia” para respaldar su juicio. Actualmente los comerciantes en piedras preciosas necesitan conocer sus características y propiedades para así reconocer la amplia variedad que existe en el mercado y aprender con certeza a distinguir unas de otras, a la par que poder diferenciarlas de las posibles gemas sintéticas y de las imitaciones que, gracias a los avances de la ciencia y las nuevas tecnologías, han posibilitado su fabricación cada vez con más frecuencia y calidad tal que, a veces, resulta difícil distinguirlas de las gemas naturales si no se utilizan los medios adecuados. Gracias a la Gemología, se pueden llegar a reconocer, diferenciar y tasar los distintos tipos de gemas. En el pasado ha sido habitual dividir las piedras usadas en joyería en dos grupos: “piedras preciosas” y “semipreciosas. Sin embargo, como no hay una clara línea divisoria entre ellas es mejor considerarlas a todas bajo el término general de gemas.



*Diamante*

*Rubí*

*Zafiro*



*Esmeralda*

*Perla*

*Ópalo*



*Turmalina*

*Zircón*

*Peridoto*

Por lo general, en el comercio de las piedras preciosas las más comunes son el diamante, el rubí, el zafiro, la esmeralda, la perla y, quizás, el ópalo.

En el grupo de las piedras semipreciosas, tales como la turmalina, el zircón o el peridoto, su valor varía de acuerdo con la moda.

Todas ellas poseen, entre otras, unas cualidades especiales, que las hacen particularmente valiosas. Las más importantes son la *belleza*, la *durabilidad* y la *rareza*.

En relación con la *belleza*, las gemas “en bruto” a veces son también objetos bellos, pero su mayor estética sólo se alcanza después de que lapidarios cualificados las tallan y pulimentan para poner de manifiesto, en su mayor grado, sus efectos ópticos y de color. La *durabilidad* es otra cualidad esencial ya que una gema debe resistir el paso del tiempo, la abrasiva influencia del polvo, los golpes o roces contra otros objetos, el empañamiento y los daños químicos resultantes de la humedad, el humo u otros factores atmosféricos. Además, debe ser capaz de durar largo tiempo sin alterar su color. La *rareza* juega también un papel muy importante en el valor de las gemas y puede tener una influencia mayor que la durabilidad o la belleza. Así,



un mineral puede ser bastante común, pero piezas realmente finas, susceptibles de ser talladas, pueden ser bastante raras, como es el caso de la esmeralda, o bien un rubí de color correcto y sin inclusiones es excepcionalmente raro y alcanzan a veces precios superiores al diamante. La rareza viene, a su vez, gobernada por la oferta y la demanda en función de los caprichos del momento y, en consecuencia, el valor de mercado puede estar enormemente afectado por este factor

Además, las gemas, como minerales que son, se encuentran en la naturaleza como sustancias cristalinas, cuyas principales características son las siguientes:

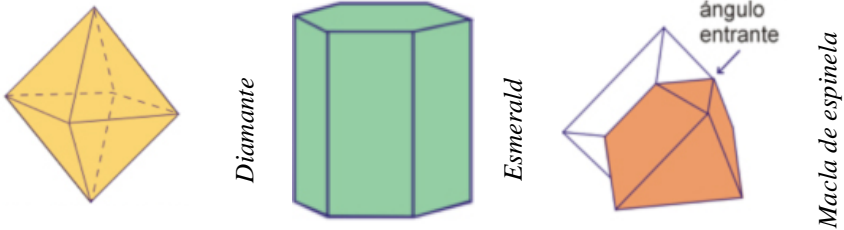
a) *Estructura atómica ordenada*, representada por la “celdilla unidad” que consta de un número definido de átomos elementales que constituyen el cristal. Estas unidades se repiten en todas direcciones para formar la disposición reticular regular de los átomos, la cual es invariable para cualquier especie cristalina, pero es diferente para las distintas especies cristalinas (p.ej. la estructura del rubí es diferente de la del diamante). No obstante, en algunos casos los mismos átomos pueden adoptar diferentes estructuras, dando lugar a minerales completamente diferentes (p.ej. diamante y grafito).

b) *Forma geométrica externa definida*, bordeada de caras planas (p.ej. un cubo, un octaedro). La regularidad de su estructura interna se manifiesta en su forma externa cuando los cristales tienen libertad para crecer sin obstáculos. Muchos minerales se encuentran como bellos cristales de formas regulares y simétricas, con caras planas y brillo natural. Algunos cristales de espinela encontrados en Myanmar son tan perfectos que se usan en joyería sin necesidad de tallar ni pulir. En teoría, cabría esperar estas formas simétricas en todos los cristales, pero los obstáculos durante su crecimiento y, quizás, los posibles deterioros sufridos a lo largo de millones de años, disminuyen a menudo esta perfección, llegando a desaparecer en ocasiones (p.ej. los cristales encontrados en las gravas). De cualquier forma, cualquier fragmento de un cristal, aunque no muestre ningún signo de caras cristalinas, retiene siempre su orden estructural y, en consecuencia, todos los

atributos físicos derivados de esa ordenación atómica, ya que sigue siendo una sustancia cristalina.

La disposición ordenada de la estructura implica la existencia de simetría, interna y externa, lo que permite clasificar a los cristales en 32 clases de simetría diferentes y 230 grupos espaciales, agrupados en siete sistemas cristalinos, que son la base de todos los estudios cristalográficos, sobre todo en los aspectos relacionados con su morfología y sus propiedades físicas y ópticas.

Cada especie mineral presenta generalmente una forma cristalográfica característica, o hábito, que se define como la forma más común en que aparece un mineral. Suele ser una forma geométrica o una combinación de dos o más formas geométricas.



Por ejemplo, el diamante se encuentra frecuentemente en forma de octaedros, y por ello se dice que tiene un hábito octaédrico; la esmeralda se encuentra en forma de prismas hexagonales, y se dice que presenta un hábito prismático. En ocasiones, si se examinan con detalle los cristales, se observa que algunos están compuestos de dos cristales individuales que se encuentran unidos por un plano común, o bien están interpenetrados uno en otro, constituyendo las maclas que pueden ser de contacto, de interpenetración y lamelares o de repetición.

c) *Propiedades físicas y ópticas*: La estructura ordenada de los cristales da lugar a que ciertas propiedades físicas varíen con la dirección del cristal. Por ejemplo, los enlaces entre los átomos pueden ser más débiles en unas direcciones que en otras, de forma que el cristal sólo puede exfoliarse paralelamente a determinados planos fijos

(el diamante únicamente puede exfoliarse en direcciones paralelas a las caras del octaedro), o bien el color puede variar en función de la dirección de la luz que lo atraviesa (p.ej. las turmalinas pueden parecer casi negras cuando se observan según la longitud del cristal, mientras que suelen ser de un verde transparente si se miran de lado). De las *propiedades físicas* merecen destacarse las siguientes:

Aunque la **dureza** es una propiedad complicada de definir y muy difícil de medir con seguridad, desde el punto de vista de un mineralogista la dureza es la resistencia que ofrece el mineral a ser rayado o sufrir una abrasión.

La comprobación de la dureza de rayado se debe al mineralogista austríaco Friedrich Mohs (1773-1839), que estableció la conocida escala de orden de dureza de Mohs: 1: Talco; 2: Yeso; 3: Calcita; 4: Fluorita; 5: Apatito; 6: Ortoclasa; 7: Cuarzo; 8: Topacio; 9: Corindón; y 10: Diamante: Esta escala no significa que sean unidades de dureza.



Talco



Yeso



Calcita



Fluorita



Apatito



Ortosa



Cuarzo



Topacio



Corindón



Diamante

Las piedras más duras rayan a las más blandas. Lo contrario no es posible. En consecuencia, el diamante rayará todas las piedras; la rubí raya al crisoberilo y todas las otras piedras más blandas que él, pero no rayará al diamante. Las gemas con dureza inferior a 7 se vuelven mates con el tiempo debido a su posible exposición al polvo, que siempre contiene pequeñas partículas de cuarzo. Al llevarlas y guardarlas hay que cuidar que no rocen con nada para evitar que se rayen, y por ello se usan

más en collares o pendientes que en sortijas. La durabilidad de las gemas depende, pues, de su dureza. El grado de pulido que se le puede aplicar es mayor cuanto mayor sea su dureza. Puesto que la apariencia de una piedra depende principalmente de la perfección de su pulido, una piedra tallada parece dura cuando tiene alto brillo. Pero éste depende también de otras propiedades ópticas, por lo que esta afirmación no es estrictamente cierta.

La dureza es, pues, una prueba de uso limitado para reconocer una gema. En el caso de piedras que se han empleado por algún tiempo, se puede considerar a veces cuál es su dureza, aunque sea groseramente, examinando mediante una lupa sus condiciones de posible deterioro en las caras o aristas. Dicho deterioro depende enormemente de las circunstancias, e incluso piedras tan duras como el zafiro pueden aparecer muy rayadas si se han guardado en un joyero con diamantes. En el pasado los joyeros hacían bastante uso de las pruebas de dureza para detectar las imitaciones de pasta, pero esto actualmente no es recomendable y prácticamente es innecesario. Para ello se usan las puntas de dureza (10, 9, 8, 7 de la escala de Mohs) y únicamente se realizan en piedras en bruto, no en facetadas, ya que el posible deterioro que se ocasionaría depreciaría la gema. Un método más seguro es usar las placas de dureza (placas pulidas de cuarzo, topacio y corindón sintético) sobre las cuales se puede probar una arista o punta de la gema. Esta prueba es justificable si lo que se quiere testificar es un diamante.

La **exfoliación** es una de las propiedades físicas más importantes en el proceso de talla y montaje de las gemas. En los cristales puede haber direcciones con fuerzas de cohesión más débiles que en otras no paralelas a ellas. Si en un cristal existen planos de debilidad, y se les aplica una fuerza a lo largo o paralelamente a dichos planos, la piedra se escinde fácilmente. Esta propiedad, llamada exfoliación, se puede definir como la tendencia que poseen las sustancias cristalinas a escindirse paralelamente a determinadas direcciones cristalográficas cuando se les aplica una fuerza, dando lugar a superficies más o menos lisas.

El diamante se exfolia única y fácilmente según las caras del octaedro. Tiene, por tanto, 4 direcciones de exfoliación. El topacio exfolia fácilmente en planos perpendiculares a la longitud del cristal (exfoliación basal). Tiene, pues, una única dirección de exfoliación, pero, como cualquier sustancia exfoliable, puede tener muchos planos de exfoliación paralelos a dicha dirección. Algunas gemas como la turmalina, la espinela, los granates y el corindón poseen muy poca exfoliación o ninguna. El corindón, sin embargo, puede mostrar una falsa exfoliación, conocida como partición, que es paralela al plano basal o al plano romboédrico, debido a la debilidad causada por el maclado lamelar que posee, y difiere de la verdadera exfoliación, que puede ocurrir exclusivamente en los planos de contacto de las maclas y no en cualquier plano paralelo a la dirección de la escisión.

La exfoliación es tan fácil y perfecta en algunas gemas que hay que manejarlas con sumo cuidado. Un golpe repentino, una presión inadecuada en el engarce, rápidos cambios de temperatura durante el corte y talla o en la reparación de un engaste puede producir una grieta desastrosa o la rotura de la piedra en dos. En conexión con el tallado de una piedra hay que destacar, también, que no es posible producir un pulido satisfactorio en direcciones paralelas a la exfoliación y, por consiguiente, es necesario tallar las caras unos pocos grados inclinados respecto al plano de exfoliación exacto.

El **peso específico** (densidad) puede ser también una propiedad importante en la identificación de una gema sin montar, ya que hay unas gemas más pesadas que otras. La experiencia enseña que un rubí que pese un quilate (0,2 gramos) es mucho más pequeño en tamaño que una esmeralda que pese lo mismo. Sin embargo, decir que un rubí es más pesado que una esmeralda ofrece muy poca información y deberemos comparar el peso de volúmenes iguales de cada mineral para llegar a una comparación exacta. Para resolver este problema, lo que se hace es comparar el peso de cualquier muestra con el peso de un volumen equivalente de agua pura, y ello es fácil de realizar en la práctica. El peso específico o densidad de una sustancia se

puede, pues, definir como el peso de dicha sustancia comparada con el peso de un volumen igual de agua pura a 4°C. Hay dos métodos distintos para determinar el peso específico de una gema: el de la pesada hidrostática que es el más exacto y el de los líquidos pesados. Dependiendo de las circunstancias se debe elegir uno u otro.

Por lo que se refiere a las *propiedades ópticas*, una de las características más importantes de las gemas es su belleza, la cual depende enteramente de los efectos que la luz ejerce sobre ella y, por consiguiente, estas propiedades son de gran importancia cuando hay que considerar la apariencia estética de las gemas. Tales efectos, cuando los observan ojos expertos, son de valiosa ayuda para discriminar entre las gemas y dar una opinión certera que se ayuda con instrumentos ópticos. Por tanto, es necesario conocer las propiedades ópticas de las cuales dependen los distintos efectos que se ven en las piedras talladas y los principios ópticos en los que se fundamentan.

Es obvio que el **color** de cualquier sustancia depende de la longitud de onda de la luz que incide sobre ella. Si se trata de luz blanca, compuesta por una mezcla de diversos colores de distinta longitud de onda que, a grandes rasgos y dentro del espectro visible, se dividen en rojo, naranja, amarillo, verde, azul, índigo y violeta, al incidir sobre una gema puede ocurrir lo siguiente:

- si la gema permite el paso de todas las longitudes de onda, la piedra es incolora.
- si, por el contrario, absorbe toda la luz, la piedra será negra.
- si absorbe la misma cantidad de todas las longitudes de onda, la piedra es de tonalidad blanca, turbia o gris y
- si absorbe únicamente unas longitudes de onda determinadas, la gema adquiere el color resultante de la mezcla del resto del espectro de la luz blanca y, por tanto, no será blanca.

En la mayor parte de los casos, la razón de ello estriba en la presencia en su composición de determinados elementos cromóforos, tales como el cromo, hierro,

cobalto, cobre, manganeso, níquel y vanadio, que son los responsables de la absorción de determinadas longitudes de onda de la luz blanca, y a ellos se debe fundamentalmente el color de las gemas. El porcentaje de estos elementos es con frecuencia tan pequeño que ni siquiera se menciona en la fórmula química.

El camino que recorre la luz a través del cristal influye también en la absorción y, por tanto, en el color, lo cual debe aprovecharse adecuadamente para el tallado. Las piedras de color claro deben ser más gruesas, con objeto de que el mayor recorrido de la luz intensifique su color. Si las piedras son oscuras la talla debe ser más fina, ahuecándolas en su parte inferior (p.ej. granate almandino). La luz artificial influye igualmente en el color, dado que tiene una composición distinta a la de la luz natural. En la alejandrita el cambio va desde el verde con luz día, al rojo con luz artificial. Algunas piedras aparecen de color más oscuro con luz artificial (p.ej. rubí y esmeralda).

Con la excepción del diamante, no se conoce ningún método práctico para determinar objetivamente el color de las piedras preciosas, a pesar de la importancia del mismo. La subjetividad es un problema en la apreciación del color, y los métodos usados en ciencia son muy complicados y costosos para el comercio.

Existen gemas que cambian de color a lo largo del tiempo, como es el caso de la amatista, el cuarzo rosa, la kunzita o el ópalo, que pueden palidecer por acción de la luz solar. Esta variación natural es excepcional, siendo frecuente la intervención del hombre para cambiar o purificar un color.

El término **transparencia** se usa para describir la libertad con que la luz se transmite a través de una sustancia. Las gemas deben pulirse previamente para poder observar su transparencia, ya que la mayoría de las piedras en bruto tienen las superficies rayadas y rozadas.



*aguamarina*  
transparente



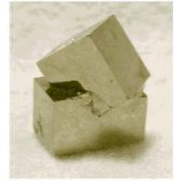
*ópalo* semi-  
transparente



*calcedonia*  
translúcida



*turquesa* semi-  
translúcida



*pirita*  
opaca

Como, además, la transparencia depende parcialmente del color, un color oscuro disminuye el efecto de la misma. También puede no observarse si hay plumas, defectos, estructuras fibrosas o inclusiones. Los cristales de diamantes se encuentran a menudo con una pátina grisácea, mientras que el topacio, zircón, rubí, espinela y otras gemas, encontradas a menudo en gravas de ríos, están redondeadas o con superficies mates.

La **reflexión** es otra propiedad importante en las piedras talladas y afecta directamente al brillo o a la brillantez superficial; también controla fenómenos tales como la “catonancia” y el asterismo. Por otra parte, cuando la luz incide sobre una faceta de una gema tallada, aunque algo de luz se refleje, una gran proporción de la misma penetra en la piedra, pero en vez de continuar su camino según una línea recta, se desvía en el punto de incidencia, y sigue una nueva dirección formando un ángulo determinado. Este comportamiento del rayo de luz al entrar en un medio ópticamente más denso se conoce como **refracción** y cuanto mayor es la desviación del rayo de incidencia, mayor es el poder de refracción de la piedra. Este fenómeno se debe simplemente al retardo que sufren las ondas de luz cuando entran en un medio de densidad óptica mayor.

En muchas gemas el poder de refracción es alto y gran parte de su belleza se debe precisamente a esta propiedad. Por ejemplo, la vida y brillantez de un diamante tallado depende de la reflexión interna total, y la apreciación de estas propiedades, en una piedra como ella, están gobernadas por el principio de la refracción. La luz entrante en un brillante tallado es totalmente reflejada desde las caras inferiores



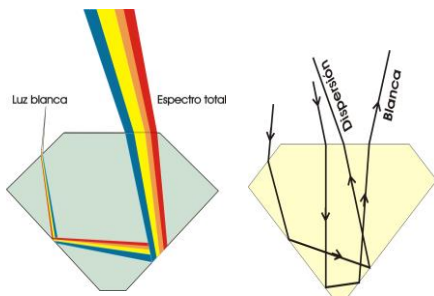
hacia el ojo, de modo que el fondo de un diamante bien tallado aparece como una multiplicación de superficies brillantes que le imprimen la “vida” a la piedra.

El científico holandés Snell descubrió, a principios del siglo XVII, la ley que rige la relación entre los ángulos de incidencia y refracción para cualquier medio. Esta relación constante entre los senos del ángulo incidente y refractado, para dos medios ópticos cualesquiera en contacto, fue llamada **índice de refracción** (IR) para esos dos medios. Si somos capaces de medir con seguridad los IR de una gema tendremos un método muy exacto de discriminación entre ellas. El instrumento que lo permite es el **refractómetro** y existen distintos modelos que son relativamente baratos y de fácil adaptación en una joyería.

Por otra parte, cuando la luz blanca atraviesa un prisma de vidrio, los rayos de longitud de onda más larga (luz roja) se frenan menos por los átomos del vidrio y, por tanto, se refractan menos, y los rayos de las ondas más cortas (luz violeta) son las que más se retrasan y, en consecuencia, se refractan más. Esta descomposición de la luz blanca, llamada **dispersión**, y las bandas coloreadas que se producen se conocen como *espectro visible*.

Para que haya dispersión es necesario que la luz atraviese dos superficies inclinadas. Cuando la luz blanca pasa a través de las facetas inclinadas de una gema sucede lo mismo. La cantidad de separación entre los rayos con distinta longitud de onda dependerá de la piedra en cuestión y su poder de dispersión determina el efecto conocido como “fuego” (p.ej. los colores que aparecen en el diamante).

Esta cualidad es fuerte en el diamante, zircón, esfena y el granate demantoide, viéndose mejor en las piedras incoloras. El diamante es la piedra natural incolora que posee el “fuego” mayor; el fuego del zircón blanco es algo inferior, pero se muestra muy bien si la piedra se exhibe en una luz tenue. Es necesaria una fuente de luz puntual para que la propiedad se manifieste mejor; la luz difusa, indirecta y otros métodos de iluminación no muestran tan bien esta propiedad.

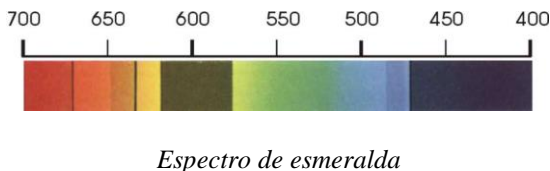
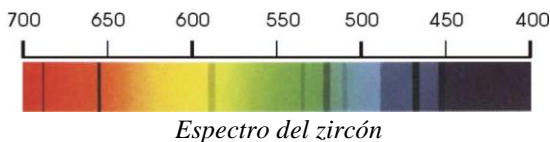


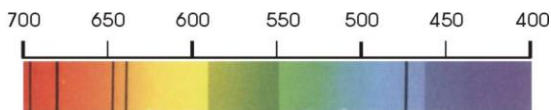
Es obvio que la luz debe entrar por una faceta lateral y salir por la tabla (o viceversa) para que se produzca el fuego o dispersión. La luz blanca entrando y saliendo por la misma cara, o paralelas, no sufre dispersión. Esta propiedad es posible observarla

mediante el *espectroscopio de bolsillo*.

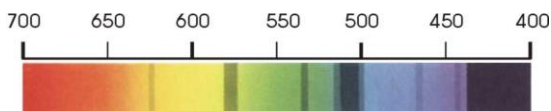
Si la luz blanca que pasa a través de una gema se observa a través de un espectroscopio, el espectro que se ve entonces está surcado por una serie de bandas o líneas negras verticales. Este efecto recibe el nombre de *espectro de absorción*, y las líneas negras corresponden a las longitudes de onda que han sido absorbidas por la gema, pudiéndose medir con exactitud en unidades Angstrom ( $\text{\AA}$ ). El instrumento usado más conocido para efectuar esta medida es el espectroscopio Rayner.

Esta propiedad permite distinguir fácilmente unas gemas de otras como puede observarse en los siguientes espectros de algunas gemas verdes y rojas:





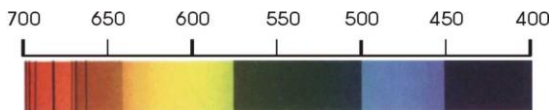
*Espectro de alejandrita*



*Espectro de granate almandino*



*Espectro de rubí de Myanmar*



*Espectro de espinela roja*

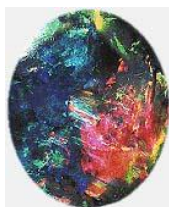
Finalmente, otros efectos ópticos que también pueden usarse en la correcta identificación de una gema son:



La *opalescencia*: brillo nacarado o lechoso producido por la dispersión de la luz en planos interiores de la piedra tales como pequeñas fracturas, irregularidades estructurales etc.



La *iridiscencia / labradorescencia*: brillo difuso o en parches producido por la interferencia de la luz al reflejarse en grupos de inclusiones paralelas, como es el caso de la labradorita).



El *juego de colores*: producido por la difracción de la luz blanca en fracturas cercanas, láminas de exsolución, intercrecimientos u otras características internas de los cristales.



El *ojo de gato (catonancia)*: efecto que dibuja una línea brillante, similar a la pupila del ojo de un gato, en piedras talladas en cabujón o en esfera como ocurre en el crisoberilo, cuarzo, etc.),



*Asterismo*: efecto que dibuja una estrella de 4, 6 ó 12 puntas sobre la superficie de piedras talladas en cabujón o en esfera observable en la piedra de luna, corindón, cuarzo, etc.

### III. TRATAMIENTOS DE LAS GEMAS

Las gemas se suelen tratar a menudo para mejorar su color, aspecto y/o durabilidad mediante métodos diferentes a los bien conocidos como son la talla y el pulido. Estos métodos de tratamiento se han utilizado durante cientos de años, y su variedad, sofisticación y aplicación en el comercio de la joyería han aumentado en las últimas décadas. Si estos procesos de mejora se consideran prácticas comerciales aceptables, su uso debe ser legalmente explicitado en el momento de la venta de las gemas.

Un tratamiento es cualquier proceso artificial por el cual se puede mejorar la apariencia de una gema, por ejemplo, *calentar* un zafiro turbio para hacerlo azul transparente, *irradiar* una turmalina de color rosa claro para que se vuelva roja o *impregnar* una esmeralda con resina para ocultar sus fracturas. Algunos tratamientos simplemente copian (o aceleran) los procesos observados en la naturaleza, mientras que otros son enteramente ideados por el hombre. Desde la década de 1990, el tratamiento de laboratorio se ha vuelto cada vez más frecuente para la mayoría de los principales materiales de las gemas y aunque este se lleva a cabo generalmente por razones comerciales legítimas, los materiales de las gemas resultantes pueden entrar o pasar a través del comercio de la joyería sin la divulgación completa de cómo se trató y con la posible intención de engañar o defraudar a los posibles compradores. Por ello, todas las gemas tratadas, a excepción de los rubíes y zafiros, requieren que se revele en el momento de la venta cual ha sido su tratamiento y, por tanto, una precisa identificación de las gemas tratadas es esencial.

Sin embargo, aparecen varios desafíos en este objetivo, dado que existe variabilidad en la respuesta de los materiales de partida a los procesos de tratamiento y el resultado final puede depender de parámetros tales como la naturaleza, la especie, la concentración, el estado de valencia de los elementos cromóforos en traza

y la existencia de centros de color, o el tipo de características de claridad que se pretenden modificar u ocultar. Este problema se ve agravado si se utilizan varios métodos de tratamiento diferentes en una única piedra preciosa (por ejemplo, irradiación seguida de calentamiento) y la frecuente falta de información detallada sobre los mismos métodos.

Para los investigadores de gemología, una de las maneras más importantes de reconocer las gemas tratadas es a través de la documentación existente de muestras de gemas antes y después de un procedimiento de tratamiento, permitiendo así la comparación de los cambios con las propiedades provocadas por el proceso. Cuando estos cambios se entienden completamente, se pueden refinar o simplificar los criterios de identificación. Debido a que los nuevos tratamientos de gemas pueden no ser totalmente revelados inicialmente, la tarea de la identificación a menudo toma un aspecto de "gemología forense".

Los tratamientos de gemas se han utilizado desde la antigüedad, con descripciones de métodos sencillos que se remontan a dos milenios para materiales como el cuarzo y la calcedonia y los rubíes y zafiros. Estos métodos tempranos incluyeron el uso de láminas metálicas brillantes o el de manchas coloreadas colocadas en la parte posterior de las piedras preciosas de moda para hacerlas aparecer más brillantes o coloreadas cuando las piedras están fijadas en una montura cerrada. También eran muy populares la aplicación de aceites u otros líquidos para hacer las gemas más brillantes o transparentes y el teñido o tinción con sustancias orgánicas o inorgánicas para cambiar su color.

El desarrollo de la geología y la mineralogía a finales de la Edad Media estuvo acompañado por el uso de métodos de tratamiento más sofisticados (principalmente un mejor control del calentamiento) en gemas como el corindón (rubí y zafiro), topacio, circón y amatista. La mayoría de los tratamientos actuales de gemas eran conocidos y practicados a finales del siglo XIX. Una excepción fue el uso de métodos de irradiación que siguieron al descubrimiento de los rayos X en 1895 y la

radiactividad en 1896. La irradiación comercial de gemas como el diamante comenzó a principios de 1950, aunque los experimentos sobre los efectos de exponer gemas a fuentes de radiación para cambiar su color, como compuestos de radio, se estaban ya realizando en 1905.

*De los métodos que cambian el color*, en la joyería antigua era común el uso de láminas de color colocadas detrás de una piedra poco coloreada o incolora en una montura cerrada. También se han empleado espejos traseros para iluminar las piedras oscuras. Las láminas o los espejos de la parte trasera a veces se dibujaban para producir un efecto de estrella (p.ej., la base del cabujón era grabada para producir el mismo efecto). El hecho de que estas piedras estén montadas en un engaste cerrado para ocultar el material de respaldo da aviso de posibles engaños, y esto puede confirmarse a menudo con la ayuda de una lupa de mano o un microscopio.

*De los métodos que mejoran la apariencia* de una gema, principalmente la claridad, una manera relativamente simple es colorearla o teñirla. Los materiales microcristalinos y policristalinos por tener una microestructura porosa, los hace adecuados para este tipo de tratamiento. Originalmente, los colorantes utilizados eran orgánicos, pero estos se deterioraban con el tiempo, por lo que hoy en día se usan tintes inorgánicos, comúnmente más estables. Podemos citar como ejemplos las *águas* que, debido a su microestructura porosa, pueden ser teñidas para cambiar su color y aumentar el contraste en su bandeo; se ha obtenido una imitación de *ónix negro* por ebullición de calcedonia en una solución de azúcar y luego tratar la piedra con ácido sulfúrico; el *jaspe* puede ser teñido para imitar el lapislázuli, en cuyo caso se llama *lapis suizo o alemán*; el *jade blanco* o pobremente coloreado se tiñe para simular la variedad verde más valiosa, y el color de la *turquesa* se puede mejorar de manera similar.

En todas estas técnicas es posible detectar generalmente la presencia de tinciones observando la muestra con poca ampliación, particularmente cuando hay grietas superficiales que pueden revelar una mayor concentración del colorante. En el caso

de las jadeitas verdes teñidas, una prueba con el espectroscopio mostrará generalmente una especie de amplia banda de absorción en el rojo debido al colorante y una ausencia de las típicas líneas de cromo en la misma parte del espectro.

Los métodos de tratamiento más frecuentes son los siguientes:

### **Tratamiento térmico**

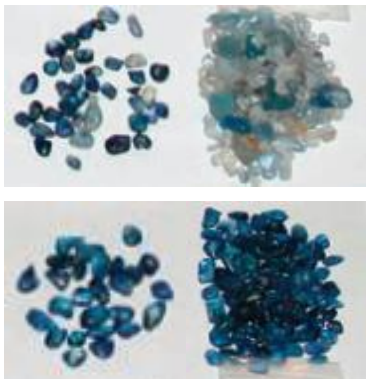
El calentamiento en una atmósfera oxidante o reductora controlada puede conducir a cambios en los estados de valencia de los agentes colorantes tales como los metales de transición o a la destrucción de centros de color en la red atómica del material para cambiar el color. Por ello se utiliza para mejorar la transparencia de las gemas, para crear o eliminar las inclusiones que son responsables del asterismo u otros efectos ópticos, o para agrietar deliberadamente la piedra preciosa para permitir un mejor blanqueo y la adición de color mediante teñido.

El calentamiento puede ser muy rudimentario, por ejemplo, con soplete o simple fuego de leña. En la actualidad, los hornos eléctricos y de gas con control de la atmósfera son más comunes, sobre todo para el corindón, con temperaturas de calentamiento de hasta 1800°C.

El proceso comercial de tratamiento térmico más importante es el aplicado al corindón. El color azul de un zafiro que contiene titanio puede ser intensificado o disminuido calentándolo en la región de los 1600°C. En una atmósfera reductora, ésta convierte el óxido *férrico* en óxido *ferroso* y se intensifica el color. Así, los zafiros *Geuda* son corindones translúcidos de color lechoso que una vez se pensó que podrían ser útiles. Fue en Tailandia donde se desarrolló una técnica de tratamiento térmico a principios de la década de 1980 y convirtieron esta piedra *Geuda* poco atractiva en un zafiro azul transparente de color intenso. El carácter translucido de este material se debe al rutilo no disuelto (que contiene el elemento de transición Ti, el cual, con el hierro ferroso, produce el color azul en el zafiro).



Cuando la piedra se calienta en determinadas etapas de tiempo desde los 1200°C hasta alrededor de 1700°C en una atmósfera libre de oxígeno, proceso que puede tardar hasta 30 horas, el titanio se disuelve en la alúmina y produce una piedra azul transparente.



La fila superior muestra los colores de los zafiros antes del tratamiento, y la fila inferior muestra material similar después del tratamiento. Los dos grupos son ejemplos de zafiro “geuda”, blanco lechoso o de color claro que se puede calentar a alta temperatura (1600-1700°C) para dar un color azul transparente



*Cambio de color de un corindón incoloro lechoso en un corindón azul (zafiro) por tratamiento térmico en ambiente reductor.*

También es común el tratamiento térmico de otras piedras preciosas, aunque generalmente a temperaturas mucho más bajas. Entre los tratamientos térmicos centenarios se encuentran los realizados en cuarzo, berilos, aguamarina, turmalina, topacio y zircón.

El “calentamiento” de la amatista es uno de los métodos más conocidos para dar coloraciones amarillo claro, marrón rojizo, verde o lechoso. Muchos citrinos, por ejemplo, son el resultado del tratamiento térmico de amatistas de baja calidad a

alrededor 450°C, y se conocen como "amatistas quemadas". A veces este tratamiento térmico da como resultado un cuarzo verde (*prasiolita*). La mayoría de los citrinos del comercio y todas las prasiolitas son amatistas transformadas de este modo.

Los berilos verdes y las aguamarinas azul-verdoso pálido, se calientan alrededor de los 450°C para producir los tonos más populares de las aguamarinas azules. Los berilos de colores naranja y albaricoque se calienta a 400°C para producir la variedad de morganita rosa.

Las turmalinas demasiados oscuras pueden aclararse por calentamiento. Así las turmalinas verde oscuro de Namibia pueden mejorar su color a un color verde esmeralda.

Los topacios rosados suelen conseguirse por tratamiento térmico, alrededor de los 550°C, de topacios amarillo y marrón amarillento que contienen trazas de cromo. A esta temperatura el topacio vira al incoloro, pero cambia a rosa por enfriamiento.

El zircón de color marrón rojizo de Camboya se puede transformar al más popular de color azul por calentamiento alrededor de 1000°C en una atmósfera reductora. Aunque esto se considera como un cambio permanente, la intensidad del color resultante puede desvanecerse lentamente durante un período de años si se expone a la fuerte luz del sol.

*Identificación:* Las piedras sometidas a tratamientos de alta temperatura, de 1700°C y superiores, pueden ser identificadas a menudo por la presencia de picaduras en el filetín de la gema tallada, y por el efecto de estas altas temperaturas en las inclusiones, pues éstas pueden expandirse por el calentamiento y producir fracturas de tensión circular. Por ello, la presencia de inclusiones bifásicas y trifásicas en el corindón se considera una prueba concluyente de que la gema no sólo es natural, sino que no ha sido tratada térmicamente.

En los zafiros tratados por calentamiento, está completamente ausente la banda de absorción de hierro de 450nm, aunque con los zafiros de Sri Lanka no tratados

esta banda es a menudo demasiado débil para ser detectada con un espectroscopio, y su presencia o ausencia sólo puede confirmarse mediante el uso de un espectrofotómetro.

Otros signos reveladores son la ausencia virtual de agujas de rutilo, que se disuelven en la piedra por el proceso de calentamiento. Se pueden detectar zafiros de Sri Lanka tratados térmicamente para obtener un amarillo dorado/marrón calentándolos durante 15 minutos bajo una lámpara de 150 W, lo que los hace oscurecer y luego, durante el enfriamiento, volver al color previo a la prueba.

### **Difusión**

También se puede producir un color artificial si el calentamiento viene acompañado por la difusión de elementos traza cromóforos, desde fuentes externas hacia el interior de la piedra preciosa (sólo el corindón y el feldespato han sido tratados así). En este proceso, los átomos se mueven desde las superficies facetadas exteriores de la piedra preciosa hacia el interior de la misma y el color producido por esta difusión puede penetrar sólo una corta distancia. La profundidad de penetración se controla por el ion que se difunde, la temperatura de calentamiento y el tiempo que se calienta la piedra.

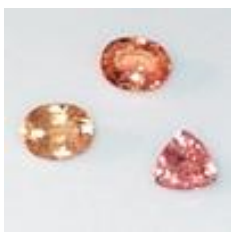
Los métodos más usados son:

*La difusión superficial de corindón:* El corindón pálido o incoloro puede ser transformado en los colores ricos de rubí o zafiro primero empacando las piedras seleccionadas (facetadas excepto el pulimento final) en una arcilla que contiene los aditivos de los elementos de transición apropiados. Para el rubí éste es el óxido crómico ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ), y para el zafiro azul tanto el óxido ferroso ( $\text{FeO}$ ) como el dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ). Las piedras se calientan entonces a unos  $1750^\circ\text{C}$  durante un período de varios días para inducir en los elementos la producción de color en sus superficies. Con los tratamientos anteriores, el color resultante de la superficie difundida es de menos de una décima de milímetro de profundidad, pero se han

logrado producir difusiones mayores. El asterismo superficial puede ser inducido por el mismo proceso, utilizando una pasta que contiene dióxido de titanio.

Si la piedra se sumerge en agua, muestra generalmente signos de una concentración de color más fuerte a lo largo de los bordes de las facetas de la piedra debido al adelgazamiento de las capas de las facetas pulidas, pero esto puede ser menos obvio con capas de difusión más gruesas. Debido a las altas temperaturas implicadas en el proceso, algunas inclusiones pueden sufrir una expansión (a menudo se vuelven blancas) que producen fracturas de tensión circulares similares a las que se ven en los zafiros “geuda”

*La difusión reticular del corindón:* A finales de 2001, el comercio de la joyería se enfrentó a un nuevo tipo de tratamiento de difusión, conocido como “difusión en masa” y “difusión reticular de berilio”, cuando se descubrió que el Be podía difundirse más rápidamente y más profundamente que otros elementos traza.



*Zafiros tratados a alta temperatura en presencia de Be<sup>2+</sup>.*

Este tratamiento, agrega un componente amarillo anaranjado debido al hueco causado por la sustitución de Al<sup>3+</sup> por el Be<sup>2+</sup>. Esto creó un problema importante para la identificación en los laboratorios de gemas y ahora se trata a través de la detección del Be mediante métodos de análisis químicos tales como la espectrometría de plasma acoplada inductivamente, espectrometría de masas o espectroscopia de ruptura inducida por láser.

### **Relleno de fracturas**

Otra técnica común es el relleno de cavidades o rupturas superficiales con líquidos (incolores o coloreados) o sólidos fundidos para ocultar su visibilidad (y

posiblemente añadir peso o mejorar el color). El material de relleno debería tener idealmente un índice de refracción similar al de la gema huésped con el fin de evitar la reflexión en las fracturas y reducir la dispersión de luz.

Actualmente es de particular preocupación el relleno de fracturas en rubíes con un vidrio a base de plomo de alto índice de refracción, similar al del corindón. Este proceso puede transformar el corindón rojo opaco y altamente fracturado, sin valor de gema, en un rubí translúcido e incluso transparente. Este tratamiento es muy sensible a los procedimientos de reparación de la joyería, ya que el calentamiento durante la reparación puede dañar el vidrio de relleno y la apariencia del rubí tratado.

### **Irradiación**

La exposición a la radiación electromagnética puede expulsar electrones de los átomos y, más raramente, romper los enlaces, moviendo los átomos ligeramente dentro de las gemas y creando centros de color, como en los diamantes. Aunque se puede utilizar toda una gama de radiaciones ionizantes, la práctica comercial se limita esencialmente a los rayos gamma, la irradiación por electrones y la irradiación de neutrones, ya que éstos pueden penetrar en todo el volumen de la gema para crear una coloración uniforme. Este tipo de tratamientos por radiación siempre suele ir acompañado del correspondiente tratamiento térmico o calentamiento para estabilizar el color

En las décadas de 1970 y 1980 fue generalizada la exposición a la radiación en el topacio para producir los colores azules saturados. Curiosamente, la naturaleza exacta del centro de color responsable es aún desconocida, y sigue siendo difícil de alcanzar un método no destructivo para detectar el tratamiento.



*El topacio azul tratado (parte inferior) se produce típicamente irradiando abundante material incoloro (arriba). Este color azul rara vez se encuentra en los topacios naturales.*

También se han irradiado un pequeño número de otros minerales naturales para modificar su color: cuarzo amarillo a marrón, turmalina rosa, berilo amarillo y fluorita púrpura son algunos ejemplos.

En cualquier caso, no existe una teoría general que ayude a diferenciar la irradiación natural de la producida por el hombre, ya que, en el caso de algunas gemas irradiadas artificialmente, el efecto se aproxima mucho a una simple replica de lo que se produce en un proceso natural. Por lo tanto, es un reto reconocer la irradiación artificial de gemas naturales

### **Impregnación**

Algunas gemas, como la *turquesa*, se impregnan legítimamente con parafina incolora (o plástico, lo que da un resultado más permanente) para estabilizarlas y prevenir el posible ataque de una transpiración ácida. Menos legítimo es el uso de impregnadores coloreados para aumentar el valor de, por ejemplo, la turquesa incolora o pálida. Las venas de turquesas que son demasiado irregulares o delgadas para ser pulidas en cabujones son a menudo protegidas por una resina epoxi cargada con metal. La turquesa se coloca entonces en una montura cerrada que oculta el respaldo de resina, en cuyo caso el valor de la turquesa con respaldo es mucho menor que el de una sin material de respaldo de igual calidad de color.



*Turquesa natural, no tratada*



*Turquesa natural tratada*

Los aceites incoloros también se utilizan como impregnación para ocultar grietas en la superficie, y los aceites coloreados sirven para el doble propósito de ocultar defectos superficiales y mejorar el aspecto de color de las esmeraldas, rubíes y zafiros (tanto pulidos como en bruto).



*Corindón incoloro cuyas fracturas se han rellenado con un aceite rojo para simular un rubí. Se observa el color desigual siguiendo las fracturas.*

También se utilizan comúnmente varias técnicas comerciales de impregnación para rellenar las fracturas que alcanzan la superficie en la esmeralda, que incluyen el uso de bálsamo del Canadá o una resina epoxi verde, tal como el Opticon. En otra versión, el kit 'LubriGem' para el tratamiento de color de las esmeraldas utiliza un tinte base de aceite junto con calor (pero sin vacío) para inducir la penetración del relleno en la superficie y alcanzar así los defectos. Los ópalos también sufren de grietas superficiales, y los lapidarios a menudo los someten a un proceso de engrase para mejorar su apariencia. El ámbar también se mejora al ser tratado con aceite.

El uso cuidadoso de la microscopía de baja potencia, con luz transmitida difusa, debe revelar la presencia de estos rellenos no naturales. Además, con la mayoría de los tratamientos de este tipo, el aceite tiende a secarse y revela la verdadera condición de la gema, y esto puede ocurrir antes de lo previsto si se limpia la piedra. La

presencia de impregnación o lubricación se puede detectar a menudo sumergiendo la gema en agua caliente algunas horas, después de lo cual puede ser detectada la aparición, en la superficie del agua, de una fina capa de aceite de interferencia. La sensación grasienta de tales piedras, pulidas y en bruto, también se puede detectar con los dedos al manejar un paquete de gemas aceitosas. El aceitado de piedras, especialmente de rubíes, es frecuentemente llevado a cabo por los proveedores en las zonas mineras, y no es raro ver una botella de "aceite de rubí rojo" en el escritorio de los comerciantes en Tailandia.

### **Tratamientos químicos, blanqueamientos y revestimientos**

El blanqueo químico, el teñido y el revestimiento son tratamientos utilizados para eliminar los colores existentes no deseados o para crear nuevos colores en las superficies y a lo largo de las fracturas abiertas. Si un color brillante es siempre un plus, los colores o parches grises o marrones a menudo se consideran indeseables, lo cual es particularmente cierto para el jade y las perlas. Se usan una amplia gama de productos para disolver las "impurezas" minerales en la roca de jade, desde el zumo de ciruela (un intento temprano) a ácidos u otros productos secretos. Muchas perlas naturales y cultivadas se blanquean con peróxido de hidrógeno para eliminar manchas oscuras debido a la materia orgánica extra y así tomen un aspecto más blanco.



En ocasiones, los diamantes facetados se recubren con una fina capa de una sustancia extraña para cambiar su color, como fluoruro de calcio y metales. La aplicación de una pequeña cantidad de una sustancia azul en áreas específicas en las superficies puede disminuir la visibilidad del color amarillo para que aparezca incoloro.



En los últimos años los revestimientos se han convertido en un problema más grave para los gemólogos, ya que se aplican muchos de los procesos desarrollados para las industrias de electrónica y óptica a una serie de materiales gemológicos. Esto realmente no es un problema cuando el producto final muestra colores inusuales y no tiene equivalente natural (p.ej. el “topacio místico” iridiscente). pero es problemático si el resultado se parece mucho a una gema natural.

Los revestimientos pueden reconocerse a menudo porque son más blandos que las piedras preciosas subyacentes y, por lo tanto, muestran evidencia de arañazos y otros daños superficiales al observarlas en luz reflejada. En algunos casos, también muestran iridiscencia. Además, el espectro de absorción óptica de la piedra preciosa revestida no coincide con lo que se espera para el material, o la química de la superficie puede revelar los elementos extraños. Sin embargo, la detección visual de tales recubrimientos se hace mucho más difícil si la piedra es de tamaño pequeño, si está montada en una pieza de joyería o si el material de revestimiento es incoloro.

### **Tratamientos de diamantes**

Mención aparte merecen los siguientes tratamientos que se aplican específicamente a los diamantes.

A finales de la década de 1970, investigadores del General Electric Laboratory en los Estados Unidos descubrieron que los diamantes amarillos de la serie Cape y los diamantes sintéticos podían aclarar su color calentándolos bajo alta presión durante un período prolongado (*tratamiento HP-HT*). El efecto de este tratamiento es la ruptura de los agregados de átomos de nitrógeno de la estructura de los diamantes de la serie Cape (diamantes tipo Ia) y su dispersión en la red cristalina produciendo bonitos diamantes de color amarillo (diamantes tipo Ib). Como consecuencia, desde finales de la década de 1980, se han estado planificando estrategias para la identificación de diamantes naturales tratados con HP-HT y de diamantes sintéticos HP-HT

Debido a la gran diferencia de precios entre un diamante amarillento de la serie Cape de pobre color y diamantes coloreados naturales “fancy”, que tiene atractivos tintes de color rosa, amarillo canario, amarillo dorado, marrón canela, verde, púrpura o azul, ha habido mucha investigación sobre la coloración artificial del diamante por irradiación.

En la primera parte del siglo XX Sir William Crookes fue el primero en usar *una fuente de radio* para colorear artificialmente los diamantes. Después de la exposición al radio, los diamantes se habían vuelto verde oscuro. Esto fue sólo un color superficial, pero los especímenes “supervivientes” han permanecido radiactivos hasta el día de hoy. Los diamantes han sido posteriormente coloreados artificialmente por *irradiación con neutrones* de alta energía en un reactor atómico, lo que produce un color verde homogéneo que puede cambiarse a amarillo o amarillo/marrón dorado (o con tipos más raros a rosa, rojo o púrpura) mediante un tratamiento térmico a unos 800°C. Las piedras son intensamente radiactivas inmediatamente después del tratamiento, pero esto desaparece rápidamente.

También se puede producir un cambio de color mediante *bombardeo de electrones* en un acelerador de electrones. Con este proceso, algunos diamantes se vuelven de un color azul pálido o un verde azulado. El color es sólo superficial y, si no es adecuado, se puede volver a pulir y repetir el proceso. Debido a esta opción, ha habido una tendencia hacia el uso de neutrones de baja energía que, al igual que el bombardeo de electrones, producen solamente un color superficial.

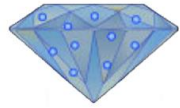
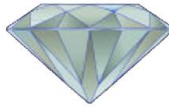
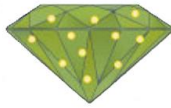
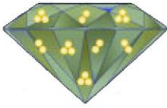
Los *protones y partículas alfa* generados por un ciclotrón también se pueden usar para cambiar el color de un diamante, siendo los tonos resultantes, después del tratamiento térmico a alrededor de 800°C, sólo superficiales, y los diamantes pierden rápidamente su radioactividad inicial.

En la actualidad, los tratamientos para modificar el color de los diamantes se basan en una combinación de *tratamientos (HP-HT)* a alta presión (55-85Kbares) y

alta temperatura (1900-3000°C), irradiación mediante partículas de alta energía y calentamiento sostenido final a unos 1000°C durante unas 3 horas. Los colores resultantes dependen del tipo del diamantes de partida los cuales pueden ser:

*Diamantes Tipo I, con Nitrógeno*

*Diamantes Tipo II, sin Nitrógeno*



*Tipo Ia (98%)*

*Tipo Ib (0,1%)*

*Tipo IIa (1,8%)*

*Tipo IIb (0,1%)*

Así, si se parte de diamantes marrones del tipo Ia (con nitrógeno), poco atractivos, se pueden conseguir diamantes amarillos (tipo Ib) de calidad "fancy" mediante tratamiento de alta presión-alta temperatura:



*Tipo Ia*

HP-HT  
→



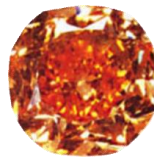
*Tipo Ib "fancy"*

o diamantes naranjas combinando dicho tratamiento con irradiación:

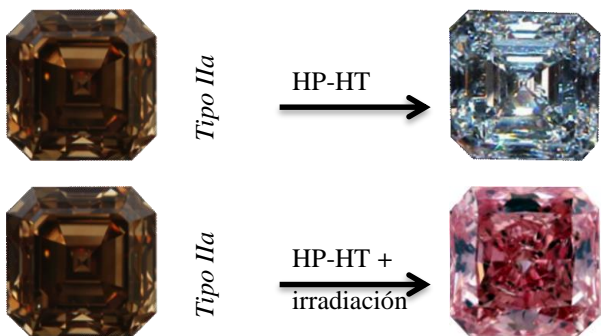


*Tipo Ia*

HP-HT +  
irradiación →



Los tratamientos de alta presión-alta temperatura aplicados sobre diamantes marrones de tipo IIa (sin impurezas químicas) dan lugar a diamantes incoloros y, si tales tratamientos se combinan con irradiación se obtienen diamantes de fino color rosa.



Cuando el tratamiento de alta presión-alta temperatura se aplica a diamantes marrones de tipo IIb (con boro), el resultado son diamantes azules.



Por lo que se refiere a su identificación, se pueden distinguir los diamantes que se han vuelto azules por la irradiación de los diamantes azules naturales mediante pruebas de la conductividad eléctrica. Las piedras azules naturales contienen boro que sustituye a algunos átomos de carbono en el cristal y permite que pase una corriente eléctrica. Los diamantes azules coloreados por irradiación artificial son eléctricamente *no conductores*.

En los laboratorios de gemas más importantes, la detección de diamantes tratados se realiza por análisis espectrográfico. Con piedras irradiadas y tratadas térmicamente es visible una estrecha banda de absorción a 594 nm en el amarillo oscuro. Esta banda es a menudo muy débil, pero puede hacerse más fácilmente detectable por enfriamiento del diamante hacia bajas temperatura con nitrógeno líquido. Sin embargo, en 1978 el Dr. A.T. Collins, del Kings College de Londres,

mostró que, si un diamante irradiado se calienta a 1000°C, la banda de 594nm desaparece por completo. En 1985, él y el Dr. G.S. Woods desarrollaron una prueba para diamantes tratados que se basa en las bandas de absorción en el infrarrojo a 1936 nm y 2924 nm (éstas se detectan utilizando un espectrofotómetro y son a menudo razonablemente nítidas incluso con la muestra a temperatura ambiente). Si estas bandas (y la banda de 595 nm) están ausentes, el color del diamante puede ser identificado como natural.

### **Relleno de vidrio**

Para el diamante se emplea un método de relleno de vidrio similar al de otras gemas, pero en este caso se hace para mejorar el grado de claridad del diamante. Como las fracturas que alcanzan la superficie disminuyen la claridad del diamante y, por tanto, su valor, se rellenan por un proceso desarrollado por Zvi Yehuda en Israel, usando vidrio de oxiclورو de plomo, por su bajo punto de fusión y tener un índice de refracción cercano al del diamante. Sin embargo, este tratamiento causó controversia en el comercio, y algunos laboratorios se han negado a clasificar diamantes cuya claridad haya sido mejorada por el proceso Yehuda.

La identificación de diamante con relleno de vidrio es generalmente visual. Con iluminación de campo oscuro se observa lo que se ha descrito como una interferencia "efecto de flash". La apariencia naranja-amarillenta de la fractura con la iluminación de campo oscuro cambia repentinamente a azul eléctrico intenso cuando la piedra se gira ligeramente a una posición donde el fondo se vuelve brillante. También puede haber burbujas de gas aplanadas atrapadas en el vidrio. Cuando el material de relleno es grueso, éste tiene un aspecto de color marrón claro a amarillo naranja. Si las áreas rellenas son considerables también serán opacas a los rayos X.

### **Perforación láser de diamante**

La utilización del láser en el diamante es una técnica cosmética utilizada para mejorar la claridad de la piedra. Consiste en la perforación del diamante, con láser

de un fino diámetro (menos de 0,005 pulgadas de diámetro), para llegar hasta una inclusión. En el caso de inclusiones oscuras, se lixivia con un agente blanqueador que se filtra a través del agujero para blanquear la inclusión. El agujero puede llenarse con un gel transparente o resina epoxi para hacerla menos visible.

Algunos diamantes que han sido tratados con láser contienen más de un agujero. Cuando se inspeccionan bajo aumento, el agujero láser a menudo tiene un aspecto arrugado y puede cambiar ligeramente de dirección a lo largo de su longitud.

### **Divulgación de las mejoras**

En los EE.UU., la Federal Trade Commission (FTC) aconseja que el tratamiento con láser de diamantes con un peso superior a 0,20 quilates debe ser informado al comprador, y también avisa que la completa divulgación de todas las mejoras tiene que ser internacional y requiere que las gemas cuyo color ha sido alterado por irradiación, calor o tratamiento químico, o que han sido revestidas o difundidas (superficial o reticular), deben ser designadas como "tratadas" en su descripción y junto con el nombre mineral de la variedad de la gema utilizada. La World Jewellery Confederation (CIBJO) excluye la necesidad de revelar estas mejoras para aquellas piedras cuyo tratamiento da como resultado un cambio irreversible del color: *calcedonia* (ágata con bandas, cornalina, ónix, ágata verde, ágata azul), *berilo* (aguamarina, Morganita), *cuarzo* (citrino, prasiolita), *topacio rosa*, *turmalina de todos los colores*, *zoisita azul* y corindón. Los tratamientos de ónice y cornalina son generalmente de color estable, y siempre que la piedra preciosa se venda como una calcedonia, las reglas CIBJO no requieren mención de la mejora. La calcedonia verde manchada, producida para imitar crisoprasa, y el jaspe azul manchado para imitar lapislázuli son dos casos en los que CIBJO exige divulgación.

Ambos reglamentos están destinados, por supuesto, a prevenir el engaño, pero también legitiman la situación de *statu quo* en la que los tratamientos estables, junto con los tratamientos que, hasta ahora, no son técnicamente detectables, no es

necesario revelarlos, pero cuando se sabe que una piedra preciosa ha sido tratada, se recomienda su divulgación para evitar la confusión. Aunque actualmente se encuentran en el mercado de la joyería muchos materiales de gemas tratadas, algunos son bastante burdos y antinaturales en apariencia y son fácilmente reconocidos por los gemólogos, mientras que otros pueden engañar incluso a los mejores expertos. Sin embargo, el desarrollo progresivo del conocimiento de muchos procesos a escala atómica proporciona a veces nuevas técnicas de ayuda al gemólogo para mantener su capacidad de detectar los tratamientos.

La creciente demanda de piedras preciosas en muchas partes del mundo, que supera el suministro de gemas naturales de alta calidad sin tratar, hace que aumente el mercado de las gemas tratadas. Por ello la detección de los posibles tratamientos de las gemas es importante para fomentar la divulgación adecuada del material de las gemas tratadas en el momento de la venta y así proteger a los consumidores de que se les cobre más de lo que vale el artículo. Reconocer los tratamientos es ahora el foco principal de la investigación gemológica a escala mundial.

#### IV. GEMAS SINTETICAS E IMITACIONES

Una gran variedad de gemas pueden ser sintetizadas por el hombre, siendo apropiadas para su uso en joyería dado que sus características son equiparables a las de los propios minerales naturales. Estas gemas sintéticas tienen la misma composición química, propiedades y estructura cristalina que la más valiosa gema natural. Los primeros materiales sintéticos comenzaron a obtenerse a finales del siglo XIX con la creación del rubí sintético. Los que se encuentran en el comercio de joyas actual incluyen entre otros: diamante sintético, corindones, espinelas y berilos sintéticos (todos ellos de varios colores), granates sintéticos de diferentes colores y composición (la mayoría de los cuales no tienen la composición de los granates naturales) y cuarzos sintéticos.

Se sintetizan, además, otros materiales como el titanato de estroncio, el óxido de zirconio (zirconita cúbica o CZ) y el carburo de silicio (moissanita sintética), que pueden usarse como imitaciones de diamante incoloro. Estos materiales son muy raros o no se encuentran en la naturaleza, y aunque pueden tener un aspecto similar a las gemas naturales, tienen composición química, propiedades físicas y estructura cristalina diferentes.

En gemología, el término "**sintético**" sólo puede aplicarse a un material producido artificialmente que tenga esencialmente la misma composición química, sistema cristalino y características constantes físicas/ópticas que su homólogo natural (en la práctica, se aceptan pequeñas variaciones en la composición debido a las impurezas). Sin embargo, hay varios materiales tipo gema producidas industrialmente que no tienen homólogos en la naturaleza, y éstos se describen más correctamente como "**productos artificiales**". Como no es posible sintetizar materiales tipo gema que sean el producto de un proceso de crecimiento biológico



(como es el caso de gemas orgánicas como el ámbar, coral y azabache), la definición del término "sintético" sólo es aplicable a las gemas inorgánicas.

Por otra parte, el término **“imitación”** se puede utilizar para cualquier material que tenga la apariencia externa de la gema que simula. A menudo, una gema natural, adecuadamente coloreada, se utiliza para imitar una más cara (p.ej. la turmalina azul para aparentar zafiro). Del mismo modo, una piedra artificial, tal como la espinela sintética verde, se puede utilizar para imitar a la turmalina verde. Aún más frecuentemente, los vidrios coloreados (llamados "pasta") se utilizan como imitaciones de piedras preciosas. Los constituyentes químicos y propiedades físicas de la piedra imitación y de la gema natural son bastante diferentes, y esto hace que la identificación sea bastante fácil.

A veces, la confusión entre los términos «sintético» e «imitación» puede aparecer cuando se aplica la descripción de «diamante sintético» a una “imitación de diamante”, particularmente cuando ésta imitación suele ser un corindón sintético (o más recientemente moissanita sintética), o un producto artificial tal como la CZ (zirconita) o el YAG (granate de aluminio e ytrio). En los últimos años ha aumentado considerablemente la producción de materiales sintéticos y las nuevas sustancias se han introducido hasta un punto tal en el mercado, que los métodos de identificación de los primeros tiempos no son actualmente fiables o seguros.

Se puede presentar un riesgo especial en los artículos de segunda mano sin garantía de control y, actualmente, ningún joyero puede hacer caso omiso del peligro de esta situación. Un material sintético comprado como piedra verdadera puede significar una grave pérdida económica, probablemente no reparable. O bien una venta, incluso sin querer, de una gema sintética como si fuese verdadera puede disminuir la buena voluntad del vendedor, o llegar a desacreditarle. Por ello es más que obvio y necesario el conocimiento gemológico de las copias artificiales de las gemas naturales. En un comercio que maneja piedras de gran valor, el reconocimiento de las imitaciones o sintéticas, relativamente sin valor, es una

materia de vital importancia. Por estas razones el experto en gemas deberá usar, cada vez con más frecuencia, el instrumental mínimo adecuado para reconocer correctamente las piedras de este tipo y adquirir el máximo de práctica y experiencia, examinando las piedras con gran cuidado y familiarizándose, por sí mismo, con las apariencias externas e internas de las piedras de todo tipo.

Actualmente las gemas sintéticas son ejemplos superlativos del grado alcanzado en el crecimiento de cristales, tanto a nivel científico como industrial, ya que hoy en día se emplean métodos y aparatos altamente sofisticados, obteniéndose resultados excelentes. Al tener esencialmente la misma composición química y estructura cristalina que las gemas naturales, reproducen las propiedades físicas y ópticas de las piedras naturales. Por tanto, distinguir las gemas sintéticas de sus equivalentes naturales implica una serie de desafíos interesantes. Por ejemplo, las inclusiones observadas por microscopía proporcionan a menudo pruebas concluyentes del origen natural o sintético, pero cuando los procedimientos de pruebas de rutina (índice de refracción, gravedad específica, fluorescencia e inclusiones internas) no proporcionan pruebas suficientes, los laboratorios deben emplear instrumentación analítica más avanzada.

Nos podemos preguntar: ¿por qué las gemas sintéticas se consideran ligeramente diferentes de las gemas naturales, si son química y cristalográficamente análogas a las gemas naturales y, de hecho, las propiedades físicas y ópticas de las sintéticas son a menudo "mejores" que las de las gemas naturales pues son de dimensiones mayores, mejor color y más homogéneo, y tienen menos inclusiones?

De hecho, desde la creación de la primera gema sintética moderna alrededor de 1885, el "rubí de Ginebra", las gemas manufacturadas siempre se han vendido a precios significativamente más bajos que las gemas naturales de igual tamaño y calidad (entre 100 y 1000 órdenes de magnitud). La razón estriba en que la gran mayoría de los compradores valoran la autenticidad de una gema natural por encima de la "perfección" de su homólogo sintético. Otras veces es una cuestión de

asequibilidad: cuando se les da la opción, la mayoría de las personas elegirían un producto natural, ya sea una encimera de granito natural en lugar de una de formica artificial o una esmeralda natural en vez de una sintética. La rareza es también otro factor a considerar ya que las piedras preciosas naturales de calidad fina son raras, mientras que sus análogos hechas por el hombre pueden ser producidos en masa.

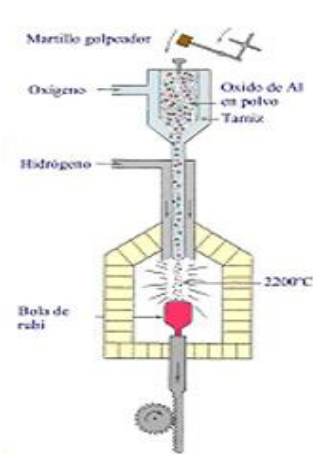
Históricamente, muchos de los avances en la síntesis de las gemas han sido un resultado directo de las propias investigaciones de los fabricantes de gemas sintéticas y de investigaciones pioneras con otros fines. Por ejemplo, Carroll Chatham, fundador de Chatham Created Gems, introdujo en el mercado las primeras esmeraldas sintéticas en la década de 1940. Pero otras veces, muchos de los avances en la síntesis de gemas han sido subproductos de la investigación tecnológica, en la que miles de investigadores en todo el mundo están involucrados en el crecimiento de cristales industriales, en contraste con el número muy pequeño de fabricantes de gemas sintéticas de calidad para su uso en joyería. Cuando algunas de estas tecnologías derivan hacia aplicaciones como gemas y joyas, el gemólogo se enfrenta a desafíos cada vez más difíciles para diferenciar gemas sintéticas y naturales. En la síntesis de gemas ha habido más desarrollo en las últimas dos décadas que en los últimos 50 años.

Aunque la fabricación de gemas hechas por el hombre comenzó alrededor del 4000 AC, estos productos, no eran sintéticos en el significado gemológico de la palabra, sino más bien imitaciones de otras gemas y no fue hasta el siglo XX cuando el crecimiento de cristales a escala industrial alcanza un gran auge, gracias a la utilización de muchos métodos diferentes entre los cuales cabe destacar los *métodos de fusión, de flujo y los hidrotermales*.

**Métodos de fusión.** Basados en la cristalización a partir de un material fundido cuya composición química es idéntica a la del sólido -gema- que se desea obtener. Entre ellos cabe destacar:

*Proceso de fusión en la llama*

En 1904 M. Auguste Verneuil diseñó un soplete oxi-hidrógeno que le permitió obtener grandes masas transparentes de alúmina cristalizada (corindón). El proceso consiste en obtener alúmina, que está en estado amorfo pulverizada, para fundirla y cristalizarla. Para ello se requiere una temperatura de 2100°C. El horno consta de un tubo interno y otro externo. En el interno se encuentra la alúmina que va a caer en una corriente de oxígeno hasta que se encuentra con la corriente de hidrógeno procedente del tubo externo. Al ponerse en contacto los dos gases se produce una llama de elevada intensidad y al atravesar dicha llama el polvo de alúmina se funde dando pequeñas gotas de fundido que al caer sobre la varilla cerámica y enfriarse, cristalizan y va creciendo poco a poco en forma de un cilindro denominado “ampolla”, que está sometido a un giro circular y un movimiento vertical que permite ir bajando la ampolla a medida que ésta va creciendo.



*Horno Verneuil*



*Corte longitudinal de una ampolla de rubí sintético Verneuil*



*Rubí sintético Verneuil tallado.*

Este horno es adecuado, con pequeñas modificaciones, para la fabricación de cristales sintéticos de corindón (rubí y zafiros), espinela, rutilo y titanato de estroncio. Los primeros rubíes sintéticos producidos por el proceso de Verneuil aparecieron en 1910. La producción mundial de corindón Verneuil actualmente supera los 1.000 millones de quilates al año, la mayor parte de los cuales se utiliza para rodamientos de relojes y de instrumentos y vidrios del reloj.

Las primeras espinelas sintéticas obtenidas por el método de Verneuil en 1926 fueron producidas usando una mezcla de magnesia y alúmina ( $MgO$  y  $Al_2O_3$ ). Como se utilizaron las proporciones 1:1 correctas para reproducir exactamente la composición química de la espinela natural se encontraron dificultades, dado que las ampollas eran muy propensas a una fractura espontánea. Este inconveniente fue superado usando una proporción de 1 parte de magnesia a entre 1,5-3,5 partes de alúmina, pero este cambio en la composición hace que el índice de refracción y el peso específico del producto sintético sean superiores a los de la espinela natural.

Los principales agentes colorantes utilizados en la síntesis de las espinelas son: óxido de Co para obtener piedras azules y verdes; óxido de Fe para piedras rosas; óxido de Mn para piedras verde pálido; óxido de Cr para piedras verdes y marrones y óxidos de V y Cr para las imitaciones de alejandrita (verde/gris). Como ninguno de estos colores se asemeja a los tintes encontrados en las espinelas naturales, Estas espinelas se fabrican principalmente para imitar a otras piedras naturales (aguamarina, zafiro, turmalina, esmeralda, etc.).

El titanato de estroncio y el rutilo sintético también son fabricados por el proceso Verneuil.

#### *Método de Czochralski*

Este método de síntesis a partir de un fundido, desarrollado por J. Czochralski en 1918, se trata de un proceso de "extracción de cristal" y hoy se emplea

principalmente para el crecimiento de cristales de alta pureza en las industrias óptica y láser.

En este método, los ingredientes en polvo se funden primero en un crisol de iridio y platino y para iniciar el crecimiento se utiliza un cristal semilla que se baja sobre la superficie superior de la masa fundida contenida en el crisol para crear una interfaz entre las dos fases. La varilla se hace girar lentamente y se va sacando (estirando) poco a poco. A medida que esto sucede va cristalizando el material sobre el extremo de la varilla. Esta técnica se utiliza para crecer grandes cristales de rubí y de granates de tierras raras (YAG, GGG, etc) para su uso en láseres. Más recientemente se ha logrado sintetizar la variedad de crisoberilo alejandrita.



*GGG artificial*



*YAG artificial*



*Alejandrita sintética*

Los **Métodos de flujo**, basados en la cristalización a partir de una *disolución anhidra* de los diferentes componentes de una gema, disueltos en una sal fundida o en un óxido fundido, se tratan de procesos similares a los que fueron desarrollados por químicos franceses y alemanes en la última parte del siglo XIX. En 1888 Hautefueille y Perry utilizaron dos fundentes (molibdato de litio y vanadato de litio) en los que disolvieron los constituyentes apropiados y crecieron pequeños cristales de esmeralda.

Las técnicas en uso hoy en día son similares a la desarrollada originalmente en 1935 por la empresa alemana I.G. Farbenindustrie con el fin de producir esmeralda

sintética. Este método utilizó un crisol de platino caliente en el que los constituyentes químicos formadores de las gemas (óxidos de berilio y aluminio, más óxido crómico como agente colorante) se disuelven en un solvente o fundido de molibdato de litio calentado a alrededor de 800°C. Pequeñas planchas de vidrio de sílice se hacen flotar en la parte superior del fundido y los óxidos de berilio y aluminio se combinan con ellas para formar una solución de berilo. Las semillas o “cebos” de cristales de berilo natural o sintético colocadas en una pequeña jaula de platino se dejan caer en la solución de berilo y la temperatura del crisol se baja lentamente a un nivel preestablecido. A medida que la solución de berilo se va sobresaturando, precipitan los cristales de esmeralda sintética y crecen sobre las semillas. El proceso es muy lento y requiere un control de temperatura seguro para producir un gradiente térmico en el crisol que permita al material fundido disolverse en la parte inferior y recrystalizar en la parte superior. Durante el proceso de crecimiento, los materiales de origen se reponen a intervalos regulares a través de un acceso en la parte superior del aparato. En 1939, la guerra interrumpió el trabajo de la compañía alemana, y su esmeralda sintética 'Igmard' nunca se produjo en cantidades comerciales. En 1938, el químico estadounidense Carroll F. Chatham si logró sintetizar esmeraldas a escala comercial. Aunque el proceso se mantuvo en secreto, las esmeraldas eran lo suficientemente cercanas en carácter a la Igmard alemana para indicar que ellas también eran un producto de un proceso de fundente-fundido.

En 1963 Pierre Gilson en Francia mejoró aún más la técnica de solvente-fundido para producir cristales de esmeralda de alta calidad y gran tamaño (introduciendo también el facetado mecanizado de las piedras). Fue en 1958 cuando obtuvo los primeros cristales de esmeralda de calidad para joyería, en un crisol de platino puro de 30x20 mm usando láminas de berilo naturales suspendidas por alambres de platino en un baño de molibdato de litio.



*Esmeralda Chatham*



*Esmeralda Gilson*



*Esmeralda Gilson*

Los cristales de esmeralda así obtenidos poseen las mismas características ópticas, físicas y químicas que los naturales, e incluso los superan en calidad por pureza, solidez y color (p.e. una esmeralda natural calentada a 900°C se vuelve incolora, mientras que la esmeralda Gilson conserva su color). Sin embargo, este proceso es muy caro pues el fundente utilizado, molibdato de litio, es muy corrosivo y requiere el uso de platino puro (1 gr de platino 99,99% = 250 €) y también muy difícil de manipular. Además, el ciclo de fabricación es de entre 10 y 12 meses, las temperaturas de producción son superiores a 1000°C durante todo el ciclo y el rendimiento del tamaño de los cristales es inferior al 20%.

Además, también se producen por este proceso *turquesa*, *ópalo* y *lapislázuli*, así como *rubí*, *espinela*, *cuarzo*, *alejandrita* y *granates de tierras raras* usando los disolventes, productos químicos constituyentes y colorantes apropiados.



*Turquesa*



*Ópalo Gilson*



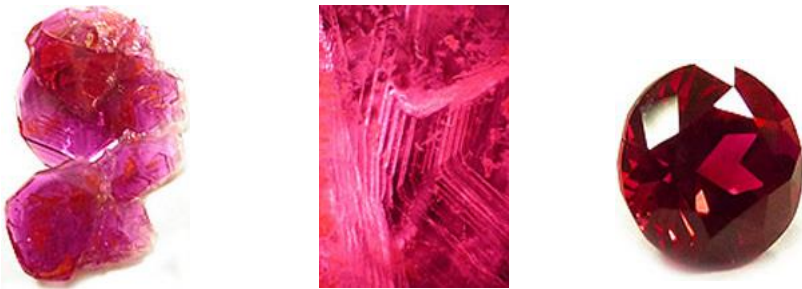
*Lapislázuli*



Las alejandritas sintéticas producidas por Creative Crystals en los EEUU están coloreadas por hierro y cromo para producir un cambio de color cercano al de la variedad natural rusa.

En 1982 apareció en el mercado el rubí Knischka. El proceso de fabricación se describe como "síntesis de lujo" para distinguirlo del menos costoso método de Verneuil. Una característica gemológica interesante del rubí de Knischka era la forma del cristal sin tallar que tomó la forma de una bipirámide hexagonal aplastada con múltiples caras secundarias.

En el rubí sintético Ramaura, también fabricado por el proceso de flujo en los Estados Unidos, originalmente había un dopante fluorescente añadido a la fuente de material para hacer el producto más fácilmente identificable. Desafortunadamente, este dopante tendía a emigrar a la capa superficial del cristal y no siempre era fácilmente visible en las piedras talladas. Cuando se compara con un rubí natural bajo luz ultravioleta de onda larga (LW UV), el color fluorescente del rubí de Ramaura (ya no en producción) parece estar desplazada más hacia el amarillo-naranja.



*Rubíes sintéticos de fabricación Ramaura*

En la antigua URSS se han sintetizado con éxito, por el método de flujo-fusión, grandes cristales de espinelas sintéticas de color rojo en el rango de los 10-20 quilates. Esto ha dado como resultado la aparición de piedras talladas mucho más

grandes que las que eran posibles a partir de espinelas rojas producidas por el proceso de fusión de llama de Verneuil.

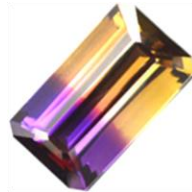
*Los métodos hidrotermales* están basados en la cristalización a partir de una disolución acuosa de diferentes componentes que se ajustan a las concentraciones necesarias para el crecimiento de los cristales. Usando un recipiente tipo autoclave, el punto de ebullición del agua se puede elevar muy por encima de su normal punto de ebullición de 100°C. A una presión de alrededor de 21.000 psi (144,8 MPa), el punto de ebullición del agua se eleva a 400°C y a esta temperatura el agua y el vapor sobrecalentado asociado actúan como disolventes para muchos minerales, incluyendo el cuarzo. Debido a la naturaleza reactiva de la solución acuosa de alta temperatura la pared interior del autoclave tiene un revestimiento hecho de un metal noble (plata).



*Cuarzo "pebbly"*



*Citrino*



*Ametrino*



*Amatista*

El método de síntesis hidrotermal reproduce eficazmente el proceso mediante el cual los cristales de cuarzo se forman en la naturaleza. Utilizando la solubilidad de los materiales de origen en agua y vapor sobrecalentados es posible producir una solución acuosa sobresaturada a partir de la cual el material de la gema puede precipitar y crecer sobre los cristales de las semillas adecuadas. Mediante este método se pueden sintetizar en 3-4 semanas cristales de cuarzo incoloros de hasta 50mm de ancho por 150mm de largo (usados principalmente en la industria electrónica). Suelen mostrar la característica superficie "pebbly" granulosa que nunca se ve en cuarzo natural.

Una variación de este método es el uso de una solución sobresaturada a temperaturas mucho más bajas y presión ambiente, en las que pequeñas esferas de sílice formadas en la solución se depositan por gravedad en el suelo del recipiente para formar, por ejemplo, *ópalo sintético*. Se han producido igualmente *berilo sintético* y *zafiro sintético* por crecimiento en la solución hidrotermal. Los cuarzos coloreados sintéticos para el uso en joyería se producen agregando cobalto (para el azul) o hierro (para el verde o amarillo) a la solución. La amatista sintética se hace crecer añadiendo hierro e irradiando los cristales resultantes.

La *esmeralda* y el *rubí* también se sintetizan usando el proceso hidrotermal. En 1964, J. Lechleitner, fue el primero en utilizar este método para depositar una fina capa de esmeralda sintética sobre una piedra preciosa de berilo natural ya facetada y pulida de pobre color. Las facetas de la corona de la piedra revestida fueron ligeramente pulidas, pero las facetas del pabellón se dejaron en una condición mate para retener el color tanto como fuera posible. En 1985 se produjeron rubíes y zafiros utilizando semillas de Verneuil con un sobrecrecimiento hidrotermal.

Las principales diferencias entre la producción hidrotermal de esmeralda sintética y de cuarzo es que el material semilla para la esmeralda se coloca tanto en la parte inferior como en parte superior del autoclave, y las placas semilla del berilo están suspendidas en el centro (contenidos en la parte inferior del recipiente como óxidos de Al, Be y Cr), mientras que el cuarzo triturado se mantiene en un recipiente perforado separado en la parte superior. Otra diferencia es que es necesario utilizar agua acidificada como mineralizador para la esmeralda para mantener el óxido de Cr en solución. Los constituyentes de la esmeralda se disuelven en el agua sobrecalentada / vapor a alrededor de 600°C, y reaccionan en el centro del autoclave para formar la solución de esmeralda que cristaliza sobre las placas de semilla. A diferencia del proceso de fundente-fundido, no es posible reponer el material fuente porque el autoclave está sellado, y esto limita el tamaño de los cristales. Los cristales

más grandes se consiguen repitiendo el proceso varias veces, usando los mismos cristales como semillas.

En el proceso de fabricación de Biron, que fue adquirido en 1987 por Equity Finance de Perth, Australia, el vanadio se usó como elemento colorante en las producciones de la esmeralda sintética Biron, un producto distinguido por su excelente claridad y color. En un esfuerzo por evitar el uso del término «sintético»,



#### *Esmeraldas Pool*

la compañía Excaliber Holdings Ltd. la llamó "*esmeralda Pool natural recristalizada*", por ser la mina natural Pool Emerald de Australia la que proporcionó las esmeraldas de baja calidad para utilizarlas como material de partida en la síntesis hidrotermal de este producto. En 1990 Biron International Limited también fabricó un berilo rosado (similar a la variedad morganita de berilo) utilizando el proceso hidrotermal. Sin embargo, el color de este material fue producido por Ti en lugar de por Mn como en la piedra natural.

El **método de autocrecimiento o crecimiento en crisol frío** se utiliza para la fabricación de *zirconita (CZ)*. Debido a que el punto de fusión del polvo de óxido de circonio cúbico está muy por encima de los 2000°C, no puede fundirse en los crisoles refractarios convencionales. En su lugar, se producen cristales de este material por medio de una técnica de fusión que se utilizó en el Instituto de Física Lebedev, Moscú, mediante un aparato parecido a un crisol que está recubierto de una disposición circular de tubos de cobre refrigerados por agua.



*Réplica, en (CZ) de 880 ct,  
del diamante Cullinan*

El polvo de óxido de zirconio más un estabilizador (Ca) se coloca en el crisol y se funde mediante calentamiento por inducción de radiofrecuencia (RF). El proceso de fusión se inicia colocando una pieza de zirconio metal en el centro del crisol. Éste se oxida a medida que se funde y se convierte en material fuente de óxido de zirconio. Cuando la masa del polvo se ha fundido, su corteza externa se mantiene por debajo de la fusión por el enfriamiento de los tubos de cobre y forma su propio crisol de alta temperatura. Después de varias horas, la potencia de calentamiento de RF se reduce lentamente, y los cristales de óxido de Zr cúbico transparentes se forman cuando la masa fundida se enfría. Para aliviar el estrés en los cristales por el enfriamiento se mantienen a 1400°C durante un período de recocido de 12 h.

*La zirconita de color* también ha sido sintetizada por varias empresas, siendo numerosos los colores que pueden obtenerse mediante la adición de tierras raras y



*Zirconitas de color*

aditivos de elementos de transición para imitar otras variedades de gemas. La forma irregular de los cristales de zirconita (CZ) en bruto es típica del método de fusión usado.

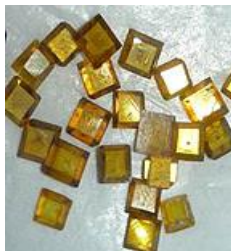


La zirconita incolora (CZ) se produce por toneladas anuales para su uso como imitación de diamante facetado y se comercializa con diversos nombres según los países de procedencia, siendo Swarovski, en Austria, una de las muchas empresas en todo el mundo que produce grandes cantidades de este popular simulador de diamantes.

### Síntesis de diamantes

En 1955 la General Electric de América presentó una solicitud de patente para la síntesis del diamante e hizo público la conclusión exitosa de su trabajo. Cuatro años más tarde (1959) De Beers también sintetizó con éxito diamantes de tamaño arena, usando prensas de alta presión.

La técnica básica utilizada en la síntesis a gran escala de diamantes industriales implica la disolución de grafito en hierro, níquel, manganeso o cobalto fundidos a temperaturas y presiones altas (síntesis HPHT). En este proceso, el metal actúa como un catalizador para reducir en gran medida la temperatura y la presión necesarias para convertir la estructura atómica hexagonal del grafito en la estructura cúbica del diamante en la que los átomos de carbono están más fuertemente unidos.



*Diamantes sintéticos HP-HT*

La conversión se efectúa aplicando una presión de 110.000 atmósferas a un cartucho de pirofilita que contenga alternativamente discos de grafito y un catalizador metálico, y calentando al mismo tiempo alrededor de los 3300°C. A

esta temperatura se funden los discos de metal, disolviendo el grafito. La temperatura se deja bajar y el carbono grafitico se recristaliza en forma de racimos de diminutos diamantes sintéticos. El proceso sólo necesita dos o tres minutos. Después, la masa metálica del cartucho solidificado y su contenido se retira de la prensa y es aplastado y los diamantes se extraen disolviendo el contenido no diamantado con ácidos. Los diamantes sintéticos generados bajo condiciones de HP-HT son ahora una realidad comercial en el mercado internacional, tanto como piedras sueltas como para conjuntos de joyería.

En 1970 la General Electric de América sintetizó diamantes de calidad gema y tamaño de quilates adecuados, producidos por una técnica de difusión, en la que los átomos de carbono libre fueron obligados a cristalizar, sobre semillas de diamante sintético, en la sección más fría de un "baño" catalizador de metal fundido. El material fuente de carbono consistió en cristales de diamante colocados en la sección caliente del baño. Los diamantes obtenidos eran muy caros de producir en comparación con el precio de la piedra natural y, por tanto, no eran económicamente viables como un producto comercial. Un año más tarde, investigadores de la antigua URSS anunciaron que ellos también habían sintetizado diamantes de calidad gema, aunque el proceso resultaba igualmente muy caro.

En 1986, Sumitomo Electric Ind. de Japón anunció la producción comercial de cristales de diamante de calidad de gema amarillo transparente. Estos diamantes, de calidad muy alta y hasta 1,2 quilates, se desarrollaron para diversos fines industriales. Aunque se dijo que los costos de la producción del producto Sumitomo estaban cerca del valor de las piedras naturales de tamaño, color y calidad similares, la empresa declaró que no tenía planes de liberar el producto en el mercado de la joyería. Poco después de este anuncio, se enviaron muestras Sumitomo a los principales laboratorios de gemas, y se vio en Londres un diamante sintético amarillo facetado similar al producto de Sumitomo.

En 1987, De Beers envió muestras de sus propios diamantes amarillos sintéticos al GIA para su inspección. Al año siguiente, el mayor cristal de diamante sintético cultivado por De Beers pesó alrededor de 11 quilates. La Compañía declaró que el propósito de su programa de investigación para sintetizar grandes diamantes transparentes de calidad gema era (como Sumitomo) para investigar posibles aplicaciones industriales de alta tecnología y para comprender mejor el proceso de síntesis. En ese momento no tenían planes para la futura distribución de estos cristales al comercio de la joyería o de gemas.

En 1993, Thomas Chatham (hijo de Carroll Chatham) anunció que su compañía de los EEUU estaba a punto de comercializar los diamantes sintéticos de alta calidad producidos en la antigua URSS a un precio sustancialmente inferior al de los diamantes naturales, pero esto no ha sucedido.

En 1996 De Beers dio a conocer dos nuevos instrumentos de identificación desarrollados específicamente en su centro de investigación para diferenciar entre diamantes naturales y sintéticos, movidos sin duda por el creciente problema de los diamantes sintéticos de calidad gema en el comercio de la joyería.

En 2004, Chatham Created Gems en los Estados Unidos comenzó a comercializar una serie de nuevos diamantes sintéticos HP-HT coloreados, algunos de los cuales asemejaban los tonos apagados y saturaciones de los diamantes naturales.

Existen, por otra parte, otros métodos realizados en el pasado, alternativos a la HP-HT para sintetizar diamantes, utilizando una carga de explosivo para generar brevemente las temperaturas y presiones necesarias para cambiar grafito o carbono amorfo a diamante. Otro método, desarrollado por Linde en los EE.UU., consiste en hacer pasar metano sobre cristales de semillas de diamante muy pequeñas a temperaturas entre 600 y 1600°C. Los átomos de carbono del metano se depositan como diamante en las semillas, pero la tasa de crecimiento es muy lenta. Finalmente,



físicos del Centro de Investigación de Energía Atómica Harwell en el Reino Unido produjeron un crecimiento similar por radiación de alta energía de iones de carbono sobre cristales de semillas de diamante.

Estos últimos procesos podrían haber sido los precursores de la técnica de depósito de *películas delgadas de diamante*, tecnología relativamente nueva que podría convertirse en un problema para los gemólogos en el futuro. La investigación comenzó alrededor de 1985 en la antigua URSS y en Japón en relación con el depósito a baja presión y alta temperatura de una fina capa de diamante sintético sobre diversos sustratos tales como silicio. Este método de depósito implica pasar una mezcla de metano e hidrógeno a través de un "baño" de microondas que rompe las moléculas de gas en hidrógeno y átomos de carbono, y permite al carbono cristalizar como diamante sobre la superficie del sustrato. Las principales aplicaciones para estos revestimientos son el desarrollo de herramientas y cojinetes de larga duración, lentes a prueba de rayas, ventanas para equipos científicos, y la provisión de disipadores de calor especializados. Estas delgadas películas de productos sintéticos de diamante son ahora fabricados en todo el mundo por empresas como De Beers, General Electric y Sumitomo.

También se han desarrollado películas de carbono tipo diamante (DLC), ya que pueden producirse más fácilmente que las películas de diamante. En los recubrimientos DLC, los átomos de carbono están presentes con ambos tipos de enlace tipo diamante y grafito, y por lo tanto las propiedades del revestimiento difieren de las del diamante.

Aunque técnicamente es posible recubrir piedras preciosas con películas finas de diamantes, la adhesión de la película a menudo presenta problemas en muchos materiales de gema. Si un simulador de diamante (como la zirconita) se cubriera con éxito con una película de diamante, se podría crear un problema de identificación ya que el medidor de la reflectancia podría dar una lectura de diamante. Sin embargo, como el espesor de la película generalmente se limita a una milésima de milímetro

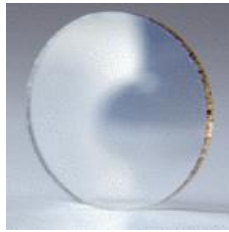
(incluso esto puede tardar alrededor de una hora para depositarse), no deberían afectarse los resultados de la prueba de conductividad térmica, incluso si el recubrimiento está en contacto con los engarces de un montaje metálico. La moissanita sintética, por ejemplo, ha sido recubierta con éxito con una fina película de diamante, lo que probablemente enmascara la prueba de semiconductividad eléctrica, y se mostraría en este caso como diamante en un medidor de reflectancia o de conductividad.

Por otra parte, como consecuencia del efecto indirecto de los usos industriales de la tecnología de crecimiento de las delgadas películas de diamante, varias formas de depósito químico en fase vapor (CVD) de diamante sintético se han desarrollado durante muchos años, pero se vieron limitados por las velocidades de crecimiento muy lento que necesita el proceso.

*Diamantes sintéticos CVD*



*tabulares*



*policristalino*

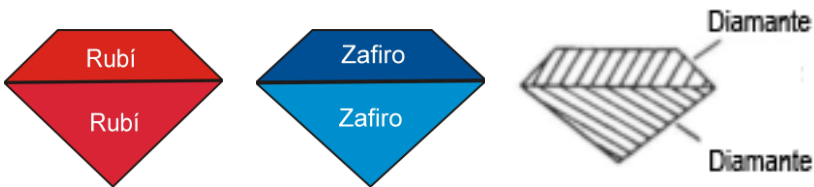


*crystal único*

No fue hasta principios de los ochenta, cuando un avance en las velocidades de crecimiento de los diamantes CVD en Japón por los investigadores Sato, Matsumoto y Kamo hicieron de la técnica una propuesta viable. A diferencia de los ya conocidos procesos de alta presión-alta temperatura (HPHT) usados para producir diamantes sintéticos, tanto industriales como de calidad gema, el depósito de capas de diamante de calidad gema utiliza presiones bajas (alrededor de una décima de atmósfera y altas temperaturas).

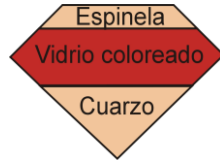
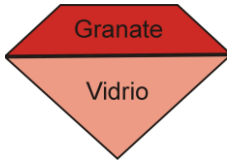
## V. PIEDRAS COMPUESTAS, MATERIALES ARTIFICIALES e IMITACIONES

Las *pedras compuestas* están constituidas por dos o más partes de materiales que se cementan con diversos tipos de productos para conseguir una gema de mayor tamaño o para imitar una gema natural. Nos podemos encontrar con diversos casos: los *dobletes* compuestos de dos partes *de una misma gema natural* (diamante, rubí, zafiro), *dobletes* con la corona de gema natural (que es la que se visualiza cuando la gema está engastada) y la culata de vidrio o material sintético y los llamados *tripletes* que están compuestos de tres partes.



El *doblete diamante / diamante*, aunque rara vez visto, puede ser también un grave problema. La razón de esta combinación aparentemente extraña es la relación no lineal de los precios del diamante (el precio de una piedra de 2 ct es alrededor de cuatro veces el de una piedra comparable de 1ct), ya que el doblete compuesto de diamante/diamante, si no se detecta, podría valer más que el valor total de las dos piezas individuales. Su detección se basa en el efecto que tiene el área unida sobre la apariencia de la piedra, dado que se reduce la reflexión interna total, y la unión produce un efecto espejo cuando se observa a través de la tabla, y las burbujas se pueden ver en el plano de la unión.

Para el caso de *dobletes compuestos* que intentan imitar un *rubí* o un *zafiro*, el alto brillo y el índice de refracción del *granate* (1,77) lo hacen muy idóneo para



cubrir la tabla de las gemas citadas, aunque también se han fabricado dobletes o tripletes de esmeralda, peridoto, zafiro amarillo y variedades de topacio usando cuarzo y espinela.

Una vez que se sospecha que una piedra es un *doblete o triplete de granate* (GTD), se puede realizar un test rápido colocando la faceta de la tabla sobre un trozo de papel blanco: si la gema se mira bajo una fuerte fuente de luz, se observa un borde rosado alrededor de la tabla; alternatively, la línea de unión entre la parte superior y la base de un doblete se puede hacer más visible sumergiendo la piedra en un líquido que tenga un índice de refracción cercano al del vidrio (por ejemplo, bromoformo). Incluso el agua ayudará a aumentar el contraste entre los dos componentes del doblete, lo que se hace evidente cuando la gema se sumerge en ella. Bajo una lupa de mano o un microscopio, un examen cuidadoso revelará no sólo la irregularidad de línea de la unión, sino también la presencia de burbujas.

Quizás la piedra compuesta potencialmente más peligrosa es el *doblete con corona de diamante*, que se obtiene a partir de una sección de diamante para la



corona que esta cementada sobre un pabellón que puede ser una variedad de materiales de cuarzo o uno de los simuladores artificiales de diamante (tal como *corindón sintético*, YAG, GGG, CZ o incluso la más reciente imitación, la moissanita sintética). Ocasionalmente, se ven dobletes en los que una corona de YAG o corindón sintético se ha cementado a un pabellón de *titanato de estroncio*

para disminuir el “fuego” excesivo de ese material y proporcionar una mayor dureza a la capa superficial.

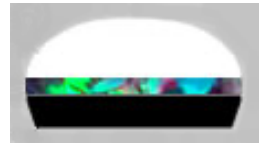
Los *dobletes de ópalo* se forman a partir de una delgada capa de ópalo precioso natural unida a otra capa de plástico, en tanto que los *tripletes* se fabrican mediante cementación de una cúpula de cuarzo transparente, o espinela sintética o corindón sobre la parte superior de un doblete de ópalo.



*Ópalo*

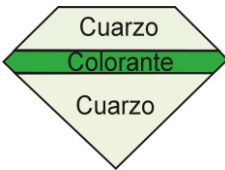


*Doblete*



*Triplete*

En este caso, la superficie superior de la gema compuesta no muestra ningún signo de iridiscencia, y se puede obtener una lectura aparentemente correcta de índice de refracción para la cúpula desde la superficie del triplete.



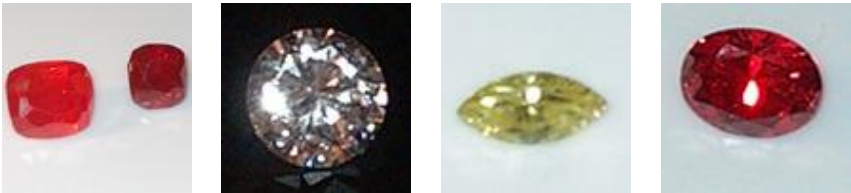
Los *tripletes de esmeralda* “Soude” pueden constar de cuarzo incoloro, espinela sintética o berilo. El elemento de coloración que completa el triplete puede ser una fina capa de gelatina o un segmento de espinela cementado o fusionado entre la corona y el pabellón.

También se han fabricado compuestos de cuarzo/cuarzo con una lámina central de filtro de color para simular la amatista. Cuando se sumerge en un líquido adecuado y se inspecciona en línea con el filetín, las secciones de la corona y el pabellón se ven incoloras. Con la excepción de los dobletes y tripletes de los ópalos, cuyo ejemplo es muy conocido, las piedras compuestas son intentos de imitación de gemas naturales y se fabrican con la intención de engañar.

***Materiales artificiales e imitaciones:*** El término "artificial" abarca todos los materiales artificiales que no tengan equivalente con ningún material natural conocido, mientras que el término "imitación" se refiere a materiales artificiales o

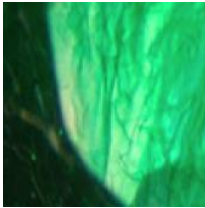
no, que imitan el efecto, el color y la apariencia de piedras naturales o materiales orgánicos, u otros productos artificiales, sin presentar las propiedades químicas, propiedades físicas o estructura cristalina de las gemas que pretenden imitar.

Todos los *materiales artificiales*, que al principio se usaron con el objetivo de imitar el diamante incoloro, actualmente se usan también para imitar todos los colores: granate de itrio y aluminio (YAG), peroskita de itrio y aluminio (YAP), óxido de zirconio sintético (Zirconita), titanato de estroncio (Fabulita), granate de galio y gadolinio (GGG), carburo de silicio sintético (Moissanita), etc.



*Ejemplos de óxido de zirconio sintético de diferentes colores*

Sin embargo, cuando a un material se le aplica un tratamiento para que se vea como otro diferente, entonces podemos simplemente hablar de "*material de imitacion*", pero es útil saber y/o entender cuál ha sido el tratamiento que, por ejemplo, transformó un material en la imitación de otro. Por ej. cuarzo como imitación de una esmeralda, topacios como imitación de aguamarina, howlita como turquesa, algunos jaspes que pueden teñirse de azul para que se vean como lapislázuli.



*El cuarzo pulido y teñido de verde se usa para imitar algunas piedras verdes (p.ej. esmeralda). El tratamiento consiste en producir fracturas en el cuarzo mediante calentamiento y colorear las grietas con una sustancia coloreada.*

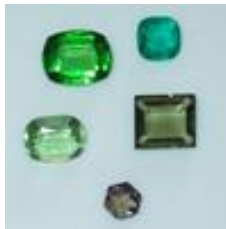


*Algunos topacios azules irradiados se usan como imitaciones de aguamarinas*



*La howlita, una vez teñida en azul, imita bastante bien a la turquesa.*

También se suelen utilizar plásticos para imitar ámbar, marfil, hueso, etc. y vidrios de todos los colores, texturas, índices de refracción, densidades, etc. para imitar las piedras naturales.



*Vidrios con diferentes texturas y colores que pueden imitar el efecto de la catonancia (ojo de gato) o cualquier otro material (turmalinas, granates, etc.)*

La detección de estas imitaciones y estos materiales artificiales suele hacerse a veces a simple vista, pero en general se utilizan sencillos equipos de pruebas gemológicas (refractómetro, binoculares, polariscopio, espectroscopio, UV, etc.) y a veces incluso el uso de equipos de laboratorio (FTIR, Raman, EDXRF, etc.).



## VI. CONSIDERACIONES FINALES

La identificación de las gemas es una de las actividades principales de los gemólogos. Durante gran parte del siglo XX, un gemólogo experto modestamente equipado podía identificar con éxito la mayoría de los materiales de gemas sintéticas. A medida que la sofisticación tecnológica en la síntesis de gemas fue aumentando, - exponencialmente en el caso de los diamantes-, el desafío al que se enfrenta el joyero-gemólogo también ha aumentado.

Con la excepción de la presencia y naturaleza de las inclusiones internas, la mayoría de las propiedades físicas y ópticas de las gemas sintéticas coinciden con las de sus homólogas naturales. Por ello, conviene conocer dichas inclusiones y disponer de los instrumentos necesarios para su estudio, dado que éstas son a menudo características de un método particular de crecimiento en el laboratorio. Por ejemplo, los rubíes y los zafiros azules que crecen mediante el método de fusión de llama muestran a menudo capas de crecimiento curvadas y burbujas de gas esféricas, alargadas o distorsionadas, los producidos por las técnicas de flujo frecuentemente revelan restos de fundente residual no fundido, o inclusiones de fundente con una burbuja de retracción (debido a la pérdida de volumen durante el enfriamiento a temperatura ambiente), y los cristales crecidos en un baño hidrotermal muestran estructuras de crecimiento parecidas a los zigzag.

Por otra parte, cuando la rutina y los procedimientos estándar de ensayos -índice de refracción, peso específico, fluorescencia, o inclusiones internas observadas por microscopía-, no proporcionan pruebas suficientes para determinar el origen sintético o natural de una piedra preciosa, los laboratorios deben emplear instrumentos analíticos más avanzados. Por ejemplo, la identificación de rubíes naturales y sintéticos sobre la base de la composición química de los elementos traza determinada por espectrometría de fluorescencia de rayos X, de energía dispersiva

(ED-XRF), o en el caso de la alejandrita, mientras la natural contiene agua, la mayoría de las sintéticas resultantes del crecimiento de un fundido, y por tanto son anhídras, por lo que la diferencia entre ambas se observa claramente usando espectroscopia infrarroja. Esta misma técnica se puede aplicar a las esmeraldas sintéticas, pues las obtenidas hidrotermalmente, aunque contienen agua, muestran siempre pequeñas diferencias en comparación con sus homologas naturales, como lo revela la presencia o ausencia de ciertas características espectrales de absorción infrarroja. Por su parte, la identificación de diamantes sintéticos se realiza mediante luz visible, infrarroja y espectroscopia de fotoluminiscencia.

Nos encontramos, en consecuencia, en un mundo fascinante, donde convergen los avances científicos en ambos lados de la balanza: materiales más próximos a los equivalentes naturales por una parte, y técnicas de identificación más avanzadas por otra. Siempre existirá el experto que, con medios y conocimientos, será capaz de hacer una correcta valoración del precio real de una determinada gema. Existen, sin embargo, otros condicionantes a tener en cuenta: disponibilidad futura de gemas naturales, honestidad de los expertos implicados en la cadena de explotación y venta de las gemas, seriedad de los organismos certificadores y, por supuesto, el capricho del comprador al adquirir una gema concreta.

Dado que normalmente no se dispone de los instrumentos de determinación o conocimientos necesarios, el comprador final es el eslabón más frágil de esta cadena, por lo que el mantenimiento de la industria gemológica debe ineludiblemente apoyarse en la confianza y garantía que ofrezca el vendedor.

\*\*\*\*\*

## BIBLIOGRAFIA

### Libros y Artículos

*Piedras Preciosas. Sus fuentes, descripciones e identificación.* (1987). R. Webster. Edit. Omega, S.A. 1034p.

*Bestimmungstabellen für Edelsteine, Synthesen, Imitationen. (Tables of Gemstone identification)* (1988). (2 Aufl.). B. Günther. Ed. E. Lenzen, Kirschweiler. 162p.

*Gemología* (1993). C.S Hurlbut, Jr & R.C. Kammerling. (2ª Ed.), Ed. Omega, S.A. 337p.

*Manuales de Identificación, Piedras Preciosas.* (1995). C. Hall. Ed. Omega, S.A. 160p.

*The Dealer's Book of Gems & Diamonds.* (1995). M. Sevdemish & A. Mashiah Gemology (A.M.) PUB. ISBN 965-90072-1-3. 1004p.

*Guía de las piedras preciosas y ornamentales.* (1978). W. Schumann. Ed. Omega, S.A. 255p.

*Gemmology.* (2005). P.G. Read. (Third edition), Ed. Elsevier, 324p.

*Gemas, Conceptos básicos y reconocimiento.* (2007). P. Fenoll Hach-Alí, F. Gervilla Linares y A. López Galindo. Ed. Dpto. de Mineralogía y Petrología. Universidad de Granada. 173 p.

*Historia de la Mineralogía.* (2008). R. J. Sureda. Instituto Superior de Correlación Geológica. Serie Correlación Geológica 23, 189 p.

*Gems.* (2009). G. Eds, E. Fritsch & B. Rondeau. In *Elements*, Vol. 5, Number 3 pp. 147-168.

*Seeking Low-Cost Perfection: Synthetic Gems.* (2009). R. E. Kane. In *Elements (Gems)*, Vol. 5 Num. 3, pp. 169–174.

*Laboratory-Treated Gemstones.* (2009). J. E. Shigley and S. F. McClure. In *Elements Gems*, Vol. 5 Num. 3, pp. 175–178.

*Understanding the Gems minerals. A practical Guide.* (2016). W.R. Phillips & J.E. Shigley. Ed. *The Canadian Mineralogist: Special Publication*, Vol. 12, 259p.

*Gemstones, Terra Connoisseur* (2017). V.Y. Yavorrskyy, 234pp.

### **Sociedades Gemológicas y Paginas WEB de interés**

***Canadian Institute of Gemmology:***

<https://www.cigem.ca>

<https://www.cigem.ca/resources/the-news-bulletin>

***Gemmological Association of Great Britain (GEM-A):***

*The Foundation in Gemmology Course and The Diploma in Gemmology Course* (2008). Ed. *Gemmological Association of Great Britain.*

*The Journal of Gemology,*

<https://gem-a.com/index.php/news-publications/publications/journal-of-gemmology>

***Gemmological Institute of America (GIA):***

<https://www.gia.edu>

<https://www.gia.edu/gem-encyclopedia>

<https://www.gia.edu/gems-gemology>

<https://www.gia.edu/ruby>

<https://www.gia.edu/tourmaline-quality-factor>

<https://www.gia.edu/gia-news-research-latest-on-synthetic-diamonds-video-presentation>

***Instituto Gemológico Español***

<http://www.ige.org>

***(Gemmas, síntesis e imitaciones):***

<https://www.geminterest.com>

<https://www.geminterest.com/imitations.php>

<https://www.geminterest.com/synthese.php>

<https://www.geminterest.com/traitement.php>

<https://www.gemmo.eu/fr/>

<https://www.gemmo.eu/>

<https://www.gemmo.eu/fr/procedes-de-fabrication-des-pierres-gemmes-synthetiques-et-artificielles.php>

*(Otras)*

*Mineralogy Data Base* <http://www.webmineral.com/>

*National Gemstone's Web Page* <http://www.preciousgemstones.com>

<http://farlang.com/books/al-biruni-comprehensive-book-on-precious-stones>

<http://palagems.com/>

<http://www.thaigem.com/>

\*\*\*\*\*



**Contestación al discurso de Ingreso en la Academia de Ciencias  
Matemáticas, Físico-Químicas y Naturales de Granada de la  
Ilma. Sra. Dña. Purificación Fenoll Hach-Alí**

**Excmo. Sr. D. Manuel Rodríguez Gallego**

Excelentísimo Sr. Presidente.

Excelentísimos e Ilustrísimos miembros de la Academia.

Señoras y Señores.

Como miembro de esta Academia, me ha correspondido el honor de contestar al discurso de ingreso como Académica de Numero de la Profesora Doctora D<sup>a</sup> Purificación Fenoll Hach-Alí, con quien comparto no solo la especialidad docente sino toda una larguísima trayectoria que bien podría definirse como paralela, pues viene desde los ya lejanos comienzos de nuestros estudios de Ciencias Químicas, en cuyos inicios se forjo una amistad que al paso de tantos años solo ha servido para profundizarla.

Se comprende que en estos momentos se amontonen en mi mente tantas circunstancias que hacen difícil al orador no caer en una inoportuna emotividad, pero son muchas las vivencias compartidas no solo en los estudios de la licenciatura sino también en la coincidencia desde los inicios de la actividad en la investigación científica, en el naciente grupo del inolvidable Dr. Martin Vivaldi. Todo ello hace difícil mantener una postura fría y objetiva al analizar siquiera de forma somera, la

riquísima hoja de servicios, a la Ciencia en general y más concretamente a la Universidad, de la Dra. Fenoll.

Doblemente licenciada en Ciencias, Químicas y Geológicas, por nuestra Universidad de Granada.

Título de Gemóloga por la “Gemmological Association of Great Britain” y por la Universidad Central de Barcelona.

Becaria del C.S.I.C. en Granada.

Becaria del Deutscher Akademischer Austauschdienst (DAAD), en las Universidades de Múnich y de Heidelberg.

Investigadora del C.S.I.C. (en excedencia).

Profesora Adjunta de Cristalografía y Mineralogía en la Universidad de Granada y de Bilbao.

Profesora Agregada de Cristalografía y Mineralogía de la Universidad de Salamanca y de Granada.

Catedrática de Cristalografía y Mineralogía de la Universidad de Granada 1983.

Investigadora principal en 25 proyectos de investigación nacionales e internacionales.

Doce libros publicados y treinta y cuatro capítulos y artículos en libros.

Ciento dos artículos publicados en revistas especializadas científicas nacionales y extranjeras bien cualificadas.

Doce tesis doctorales dirigidas.... ¿para qué seguir? Seis sexenios de investigación aprobados.

Catedrática Emérita de la Universidad de Granada, de la que además fue Defensora Universitaria, e innumerables premios que se inician con los extraordinarios de sus dos licenciaturas y del doctorado en Químicas.



Medalla de oro de Andalucía y de nuestra Universidad.

Socia de Honor de la Sociedad Española de Mineralogía, de la que fue Presidenta, etc. etc.

En este impresionante conjunto, que pone de manifiesto la calidad intelectual de la Dra. Fenoll, solo quisiera poner de manifiesto algo que puede pasar desapercibido pero que es esencial, al contemplar su personalidad, y es su sensibilidad por la belleza, que queda bien patente cuando al contemplar el inmenso paisaje que conforma la totalidad de su Cátedra: “Cristalografía y Mineralogía”, vemos que en cada uno de esos campos tan extensos, busca compaginarlos con su sensibilidad por la belleza. Así, en el Área de la Cristalografía, centra su atención en el estudio de los 17 grupos planos de simetría que rigen las normas de repetición de un motivo en un plano. Para ello centra su estudio en los bellísimos motivos de adorno en los azulejos, mocárabes y demás elementos que conforman la riquísima originalidad ornamental de la Alhambra. Demuestra que los artistas alhambreños descubrieron muchos siglos antes, de una manera ¿”intuitiva”?? la existencia de estas 17 formas de repetición de un motivo para llenar el plano a cubrir. Todo ello queda de manifiesto en una bellísima obra publicada con el Dr. López Galindo. Un deleite para los ojos, que completa enriqueciendo la obra con escogidas fotografías de minerales que pertenecen a cada grupo de simetría.

Nada tiene de extraño que en el mundo de la Mineralogía no pueda evitar, sin descuidar otros aspectos más prosaicos, sumergirse en el fascinante mundo de la Gemología, en el que ciencia y belleza se unen “in amicalis consortio”.

Es admirable el trabajo desarrollado por la Dra. Fenoll, al sintetizar magistralmente una materia tan fascinante pero tan compleja. Una historia milenaria que se inicia ya en los viejos “lapidarios” hasta la actualidad. Técnicas desarrolladas para su estudio, que cubren prácticamente todas las empleadas para el análisis de los sólidos. Eso sí, obviando las destructivas, naturalmente.

Particular interés tiene el capítulo de las imitaciones desde las más antiguas y fraudulentas “cave emptor” a las más sofisticadas. Casi sin darnos cuenta nos sumerge en el novísimo campo de su síntesis, que ha sido un buen estímulo para desarrollar el campo de la síntesis y mineralogía experimental. ¡Que magnifico esfuerzo de resumir sin perder claridad y rigor científico!

Sinceramente, solo puedo decir una cosa más: Si alguien nos pregunta sobre algún texto sobre gemología, solo tenemos que recomendar el discurso que acabamos de oír.

Ah!, lo bueno, si breve, dos veces bueno: ¡cuánto trabajo hay detrás de esas páginas!. A este respecto no puedo dejar de recordar algo vivido: el comentario del inolvidable Sir Lawrence Bragg, cuando nuestro presidente de la “British Mineralogical Society” le solicito un “State of the Art” de la Cristalografía a fines de los años sesenta para su lectura en la reunión de fin de año, el Dr Bragg nos respondió: “Les envió un estudio que me han pedido en treinta folios mecanografiados. ¡Si me hubieran dado más tiempo se lo habría resumido en quince”!

Para concluir esta perorata hay algo obligado que hacer, pedir excusas por la demora padecida para este acto, solo responsabilidad involuntaria del ponente, dada la naturaleza clínica que le ha afectado y que generosa y pacientemente aceptaron la nueva Académica y nuestro incomparable Director. Gracias y de nuevo “Perdón”.

He dicho.