

En el presente artículo se repasan los momentos más significativos de la historia y el desarrollo de los modelos cristalográficos, desde los primeros intentos, consistentes básicamente en fabricar los cinco sólidos platónicos con algunas modificaciones, a partir de recortables de papel, que posteriormente se ensamblaban para tener figuras tridimensionales, hasta los más sofisticados modelos, realizados con maderas nobles; pasando como no, por los pequeños poliedros de cerámica, diseñados por Romé de L'Isle en la segunda mitad del siglo XVIII, que se consideran los principales protagonistas en el nacimiento de la Cristalografía y la Mineralogía como ciencias.

This paper reviews the most significant moments in the history and development of crystallographic models, from the first attempts, to produce the five Platonic solids with some modifications from paper cutouts, which were then assembled to make three-dimensional figures, to more sophisticated models, made with wood. This progressive evolution culminated with the small ceramic polyhedra created by Rome de L'Isle in the second half of the eighteenth century, which are to be regarded as wonderful pieces marking the birth of crystallography and mineralogy as a proper science

Historia de los Modelos Cristalográficos

/ M^a VICTORIA LÓPEZ-ACEVEDO CORNEJO

Dpto. de Cristalografía y Mineralogía; Facultad de CC Geológicas, Universidad Complutense de Madrid; C/ José Antonio Nováis, 2; Ciudad Universitaria, 28040 – Madrid

LOS PRIMEROS POLIEDROS

La palabra cristal se deriva de la palabra “κρυσταλλος” (crystallos) que los griegos utilizaban para referirse al “agua congelada” y por su parecido con ésta, también al “cuarzo”. En la actualidad, se aplica a la “materia sólida que posee una estructura atómica interna ordenada”. Sin embargo, considerado exclusivamente desde un punto de vista macroscópico, el cristal se define como “un sólido homogéneo que a veces presenta formas poliédricas de gran belleza”. El estudio morfológico

de estos poliedros tuvo gran importancia en el desarrollo de la Cristalografía, que se inició con la búsqueda de las relaciones geométricas y simétricas que se podían apreciar entre las caras de un cristal.

En aquella búsqueda, hubo unos elementos clave que fueron los “modelos cristalográficos” o réplicas idealizadas de dichos poliedros, realizadas en cerámica, madera, vidrio o papel, que facilitaron las medidas y observaciones necesarias para solucionar las incógnitas planteadas (figura 1). Efectivamente, uno de los principales

objetivos de aquellos primeros científicos, que fascinados por las formas de los cristales buscaban explicaciones para tanta regularidad y perfección, era describir y representar con todo detalle el mayor número posible de ellas. Sin embargo, los ejemplares naturales completos, bien cristalizados y de buen tamaño, son relativamente escasos. Por esta razón, se les ocurrió hacer modelos artificiales, grandes e idealizados, que facilitarían las medidas y comprobaciones, necesarias para establecer las primeras leyes cristalográficas y encontrar las explicaciones que buscaban.

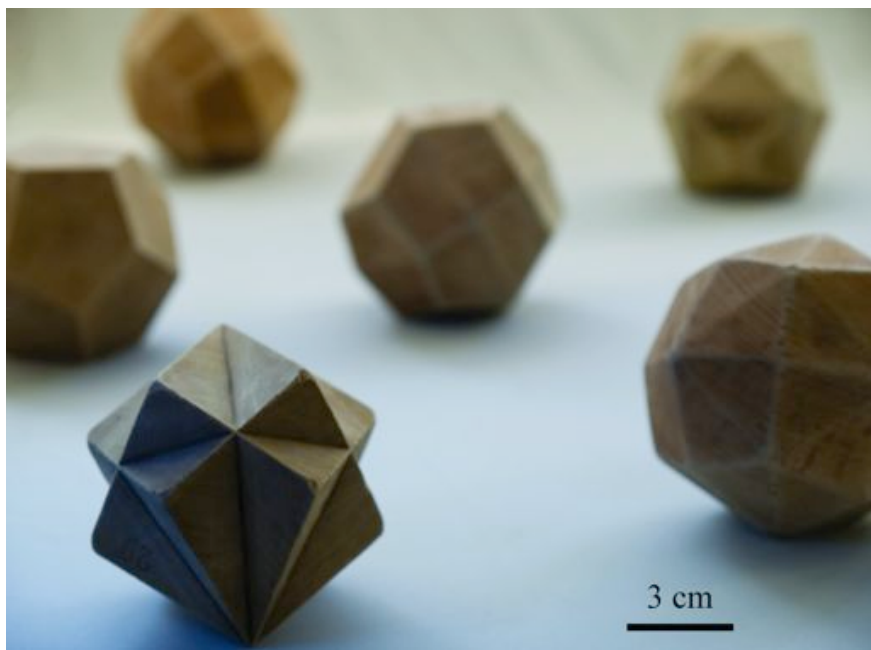


fig 1. Macra de fluorita y modelos cúbicos en un segundo plano. Madera. Colección del Dpto. de Cristalografía y Mineralogía de la Universidad Complutense (Foto Pablo Marro).

El primer intento de representación “tridimensional” de poliedros se lo debemos a Dürero (1471-1528). Aunque su interés era más geométrico que cristalográfico, desarrolló un procedimiento para reconstruir los poliedros que aún hoy se utiliza con éxito en la enseñanza de la cristalografía. Éste se basaba en dibujarlos totalmente abiertos, lo que dejaba en el papel un desordenado “puzzle de caras” que después recortaba y plegaba a lo largo de las aristas contiguas entre dichas caras. Estos dibujos, 14 en total, los publicó en el “Libro IV” de su “Underweysung der Messung” (1525). Cinco de ellos corresponden a los sólidos platónicos y curiosamente, en el tetraedro hace una referencia directa a la forma del diamante (¿inspirado tal vez en los materiales del trabajo de su padre?, orfebre de profesión).

El segundo episodio importante en la historia de estas representaciones lo

palabras clave: Modelos Cristalográficos, Romé de L'Isle, Historia de la Cristalografía.

key words: Crystal Models, Romé de L'Isle, History of Crystallography.

encontramos en el “Prodromus” (1669) de Nicolás Steno (1638-1686) quien está considerado como el fundador de la Geología y de la ciencia de los cristales, además de ser uno de los científicos más brillantes y completos del Renacimiento. En su libro, más conocido como “El Pródromo”, cuyo título traducido sería: “Introducción a un discurso sobre un cuerpo sólido incluido de forma natural dentro de otro cuerpo sólido” (Sequeiros, 2002), describe de forma bastante exacta las morfologías de algunos cristales, a los que llama “cuerpos angulosos”, dibuja sus caras e incluso prepara plantillas recortables, al modo de Dürero, para la construcción de dos modelos tridimensionales representativos de la hematites.

Tanto Dürero como Steno, habían destacado en sus trabajos la posibilidad de obtener innumerables formas diferentes a partir de las truncaduras y biselamientos de vértices y aristas de los poliedros. Estas ideas también fueron expuestas por Linneus (1707-1778) primero y posteriormente por Werner (1750-1817), en los capítulos dedicados a la descripción de las morfologías de los minerales, de sus respectivas obras (Amorós, 1978); las diferentes ediciones (hubo doce, entre los años 1735 y 1778) del “*Sistema Naturae*” de Linneo (1735, 1748) y el “*Von den äusserlichen kennzeichen der Fossilien*” (1774) de Werner. Sin embargo, todos estos conceptos no se materializaron ni adquirieron su verdadero sentido hasta un poco después, y fue de la mano de los mineralogistas franceses y en el seno de la escuela cristalográfica francesa que estaba iniciando su andadura por aquel entonces.

LOS MODELOS DE CERÁMICA

Efectivamente, las primeras colecciones de modelos cristalográficos que se hicieron, fueron diseñadas por Jean Baptiste Romé de L'Isle (1736-1790). Moldeados a mano con arcilla que después cocía en un horno, estos modelos destacan por su valor estético y sobre todo por su gran interés para la Historia de la Cristalografía (figura 2): “Protagonistas de excepción en el nacimiento de la Cristalografía y la Mineralogía como ciencias”; es la calificación que le merecen estas piezas de cerámica a la conservadora del Museo de la Escuela de Minas de París, Mme. Lydie Touret (2004).

Romé de L'Isle nació en Gray



fig. 2. Modelos tetraédricos de cerámica. Atribuidos a Romé de L'Isle (s. XVIII). Museo de la Facultad de Geología de la Universidad Complutense.

(Francia) y realizó sus estudios de Humanidades en París, donde debió dejarse llevar por la moda de coleccionar minerales que imperaba en aquel momento, aficionándose tanto que al final llegó a consagrarse como un gran experto en la materia. Tras un período transcurrido como oficial de la Marina, durante el cual aprovechó para incrementar su colección de minerales, a base de recoger nuevas especies en los diferentes lugares que visitaba, regresó a Francia en 1764. Poco después se instaló en París, donde conoció a Balthazar Georges Sage, fundador de la Escuela de Minas de esta ciudad, quien le ayudó a encontrar empleo como conservador de algunas colecciones mineralógicas privadas, clasificando y publicando sus correspondientes catálogos (Amorós, 1978).

Romé de L'Isle estaba muy interesado en justificar las variadas morfologías de los minerales que tan bien conocía y a raíz de su interesante investigación en ese campo, le surgió la necesidad de disponer de réplicas tridimensionales completas, en las que todas las caras homólogas tuvieran el mismo desarrollo para poder trabajar con ellas, así que se decidió a fabricarlas. Sus primeros modelos fueron de latón, imprecisos y difíciles de hacer, un verdadero fracaso que sin embargo no le hizo desistir. Asesorado quizás por un conocido escultor, pensó hacerlos de cerámica. Él y sus colaboradores pusieron tanto empeño en el proyecto que en pocos años habían producido cientos de modelos, de unos tres centímetros de envergadura y con formas y

ángulos muy constantes y precisos. En 1783 publicó el libro más importante de su vida, “*Cristallographie*”, que contenía cientos de dibujos y descripciones de minerales. En él explicaba como deducir sus modelos cristalográficos a partir de minerales naturales. Elegía formas simples, prismas, cubos, etc., y las idealizaba. A éstas las llamaba “primitivas” o “esenciales” y a partir de ellas, generaba otras formas más complejas, “secundarias” o “subordinadas”, a base de truncar vértices y biselar aristas, generalizando con ello el método planteado por sus antecesores (Dürero, 1525; Steno, 1669; Linneo, 1748; Werner, 1774). De esta manera desarrolló 448 morfologías que aparecen dibujadas en el libro, distribuidas en 11 láminas que agrupan, cada una, las “modificaciones” obtenidas a partir de una forma esencial determinada. Estas formas esenciales fueron: “el Tetraedro”, “el Cubo o Hexaedro”, “el Octaedro rectangular”, “el Paralelepípedo romboidal”, “el Octaedro romboidal” y “el Dodecaedro de caras triangulares”. En la figura 3 se muestra una de estas láminas, en las que están dibujadas algunas de las modificaciones que obtiene a partir del “octaedro rectangular”.

Este libro era muy caro así que, es posible que con idea de mejorar y activar las ventas, decidiera ofrecer a cada comprador una colección de modelos de cerámica, equivalentes a todos los que estaban representados en dicho libro (448 piezas en total). El éxito fue rotundo y en pocos años se vendieron muchas de estas colec-

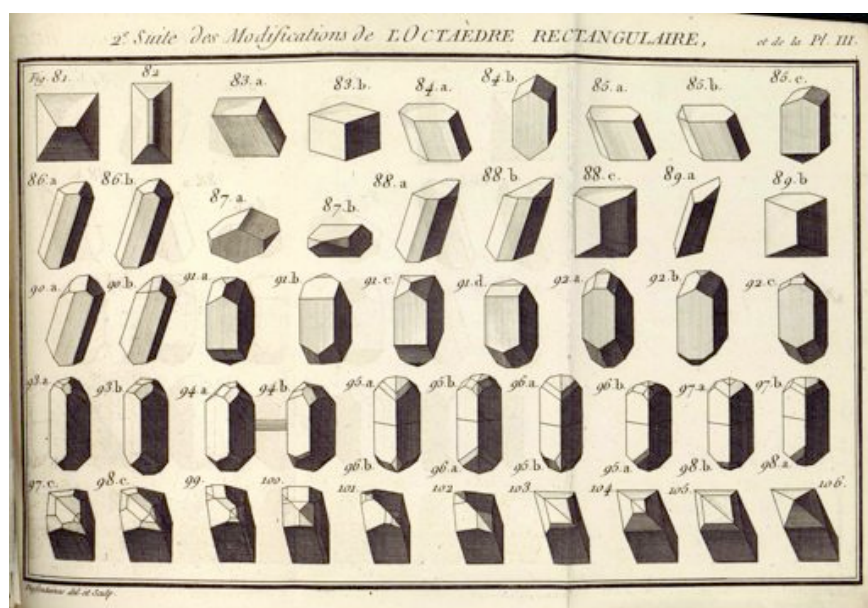


fig. 3. Lámina del Volumen IV del libro *Cristallographie* (Romé, 1783). Representa la segunda serie de formas secundarias o modificaciones deducidas a partir del "octaedro rectangular" y de la lámina III. Firmada por Desfontaines en la parte inferior izquierda.

ciones por toda Europa. A continuación se puede leer la traducción literal de la cita del libro "*Cristallographie*" (1783), en la que se informa acerca de los motivos que le han llevado a realizar estos modelos, de como conseguirlos, de su precio y del autor de los mismos, cuyo nombre "Desfontaines del. et Sculp." figura al pie de cada lámina.

"Pero como la misma forma cristalina pertenece a menudo a substancias muy diferentes entre sí, he seguido en mis *Láminas & en mis Tablas* cristalográficas, un orden muy diferente del que reina en la obra misma. Así, el *Cubo & el Octaedro* se encuentran igualmente en las sales solubles en agua que en algunas substancias pétreas & en diversos cristales metálicos, habría sido necesario repetir estas mismas formas en cada volumen, o bien si solo se hubiera puesto una vez, en alguno de los volúmenes, faltaría en todos los otros. Por tanto, he preferido situar las *Láminas & las Tablas* en un volumen especial, que resulta de esta manera, como un sumario o resumen de toda la obra. Este volumen puede ser fácilmente transportado en los viajes & en los cursos orictológicos, que será para los aficionados a los Cristales, lo que los *herbarios & la flora* para los aficionados a la Botánica.

Para hacer aún más fácil el estudio de estos mismos cristales, he hecho ejecutar por uno de nuestros mejores Artistas (10), los *relieves o modelos en terracota* de todos los que están

representados en las Láminas de la *Cristallographie*. Se tendrá con estos relieves una ventaja que no se encuentra siempre en los cristales naturales, que raramente están *libres & aislados* de todo lo demás, mientras que el modelo presenta la forma cristalina en toda su integridad."

(10) *El Señor Desfontaines, grabador del Señor Comte D'Artois, rue du Faubourg Saint-Martin, donde se puede adquirir, por el precio de 120 liv. la serie completa de estos relieves en terracota, cuyo número asciende a cuatrocientas treinta y ocho piezas numeradas, de acuerdo con las Láminas de la Cristallographie, las cuales han sido dibujadas & grabadas por el mismo artista, a partir de los originales de mi gabinete.*

(PREFACIO. Págs. XXXV - XXXVI - XXXVII)

Romé de L'Isle se refiere al Señor François Louis Swebach-Desfontaines (¿1745-1793?), escultor, grabador, pintor y mineralogista de la época, del que se conservan numerosos grabados de minerales y otros temas relacionados con la Historia Natural (Wilson, 1995). Cabe destacar aquí un acontecimiento muy importante, estrechamente relacionado con la fabricación de estos modelos, que fue la invención del "goniómetro de contacto", por parte de uno de los ayudantes de Romé, el Señor Carangeot, para facilitar las medidas de los ángulos entre las caras cristalinas de las especies minerales que estudiaban y que iban a representar. Este apa-

rato se describe y se explica su uso en el Volumen IV del libro "*Cristallographie*" (1783), junto con las tablas y las láminas de los dibujos.

Estos pequeños modelos se consideraron como objetos de valor y nunca fueron utilizados con fines docentes. Gracias a ello se han conservado muchos ejemplares, que se pueden contemplar actualmente en numerosos museos europeos como los de Historia Natural de París y Viena, el Teylers de Haarlem, el de la Universidad de Utrecht, el Británico de Londres (Touret, 2004) y el de la Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid. En este último museo se expone una colección de 297 modelos de cerámica. Es posible que en principio fuera más numerosa, pero debido a las múltiples vicisitudes sufridas a lo largo de los años (robos, extravíos, etc.), puede que se hayan perdido algunos ejemplares. Incluso, la existencia de 49 piezas repetidas indica que inicialmente debió haber dos colecciones diferentes, presumiblemente ligadas a la adquisición de dos ejemplares del libro "*Cristallographie*" (1783) que actualmente se encuentran en la Biblioteca del Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid (López-Acevedo, 2006). Estas piezas se han estudiado mediante la utilización de técnicas no destructivas y además, se han adaptado procedimientos habituales en la restauración de obras de arte, para obtener micromuestras con las que realizar diagramas de difracción de Rayos X, que han permitido identificar algunos componentes e incluso hacer una estimación cuantitativa de sus proporciones relativas (López-Acevedo y de Dios Celada, 2011).

El material empleado para su manufactura pudo ser una pasta de arcilla con granos de cuarzo, óxidos de hierro y abundante chamota (*figura 4 a*). La chamota son materiales cerámicos que han sido cocidos, molidos y reducidos a granos de varios grosores y se utiliza como desgrasante. La presencia de P y Ca en una pieza que además exhibe morfologías propias de restos óseos (*figura 4 b*), similares a osteonas (Cuezva & Élez, 2000), indica que también pudieron añadirse cenizas óseas en algunos casos. En la colección se han encontrado cinco piezas inacabadas, sin cocer (*fig 5 a, b*), de las que se ha extraído una micromuestra en la que se han determinado illita y caolinita, en una proporción de 16% - 84%. Las irregularidades y pequeños defectos que por lo general muestran los modelos de

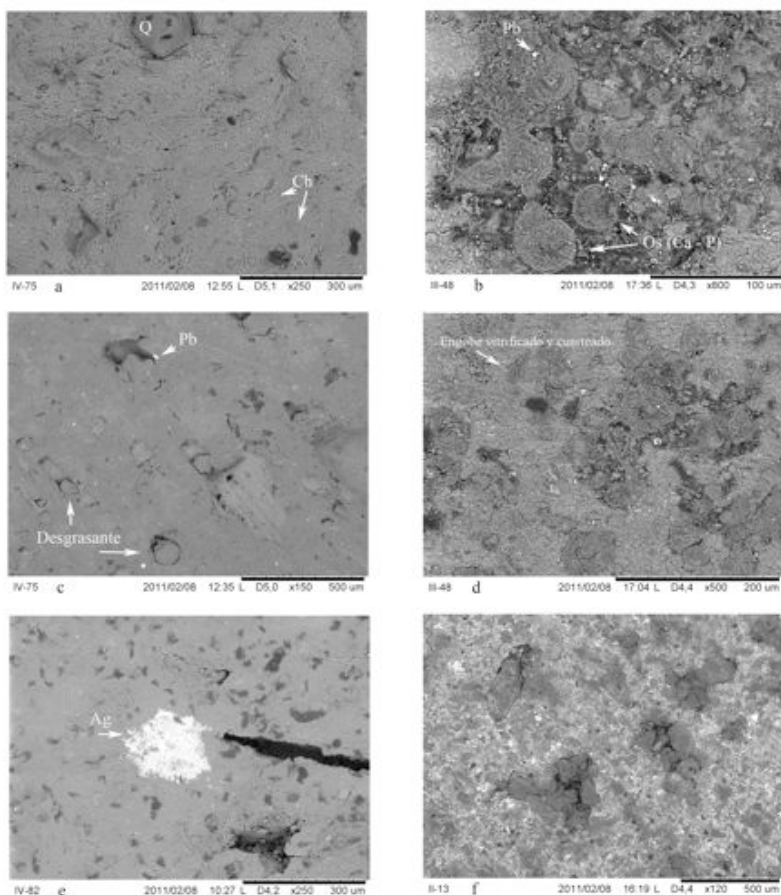


fig 4. Imágenes y análisis obtenidos con el microscopio electrónico ambiental (ESEM). (4 a) Granos de cuarzo (Q) y chamota (Ch) en una pasta arcillosa. (4 b) Morfologías propias de restos óseos, similares a osteonas, con un alto contenido en P y Ca que indica la presencia de cenizas óseas en la pasta. Contaminación de Pb. (4 c) Estrías y marcas dejadas por el desgreasante durante el facetado de las piezas. Contaminación de Pb. (4 d) Engobe vitrificado, cuarteado y descascarillado. (4 e) Contaminación de Ag (4 f). La elevada proporción de Pb (muy reflectante) indica un engobe consistente en una mezcla de frita plúmbica y arcilla.

la colección, indican que fueron moldeados a mano, posiblemente con la ayuda de espátulas o alguna herramienta similar para aplanar, compactar y dar forma. En primer lugar debían obtener unas protoformas que después modificaban, a base de añadir más facetas, truncar vértices y biselar aristas. Prueba de ello son las estrías y marcas dejadas por los granos del desgreasante, similares a los indicadores cinemáticos en planos de falla (Doblas, 1998), al ser arrastrados por la gubia o la herramienta que emplearan para el facetado, mientras la pasta estaba aún algo húmeda. Las marcas de una misma cara siempre se disponen paralelamente entre sí y además, conservan muchas de ellas, el grano de desgreasante que las generó y que no terminó de ser arrancado (figuras 4 c y 6 a, b).

Una vez modeladas, fueron recubiertas con un engobe, que en la mayoría de los casos no llega a tapar las marcas dejadas por el desgreasante, y que además suele mostrar finísimas estrías paralelas, resultado del proceso de aplicación, con una tablilla, a modo de llana o incluso con un pincel. Dicho

engobe se vitrifica durante la cocción y es responsable del tacto suave de estas piezas. Con el microscopio electrónico se observan estas superficies vitrificadas, a menudo cuarteadas o descascarilladas (figura 4 d). Asimismo se han podido detectar importantes vestigios de contaminación superficial por elementos que indican inequívocamente que la cochura se realizó en un horno de porcelana. Touret (2004) afir-

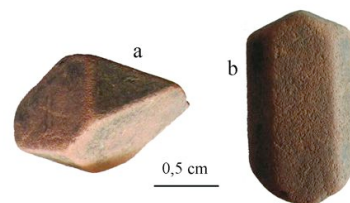


fig 5. Piezas inacabadas, sin cocer. (5 a) Dos bisfenoides. Rómbico, 222. (5 b) Macla producida por la inversión de la mitad longitudinal de un prisma monoclinico, 2/m, de aristas biseladas. Museo de la Facultad de Geológicas de la Universidad Complutense.

ma que ésta se hizo en la Real Fábrica de Sévres, basándose en la amistad de Romé con una persona que tenía acceso a dicha Fábrica. Estos elementos contaminantes han sido, por orden de importancia: Pb, Fe, Ag y Sb (figs. 4 b, c, e), todos ellos componentes habituales de los esmaltes y pigmentos que se utilizaban entonces (s. XVIII) para decorar la porcelana (Delamare y Guineau, 2009). Excepcionalmente, hay algunos ejemplares, en los que la elevada proporción de Pb repartido por toda la superficie (figura 4 f), parece indicar que el engobe pudo consistir en una mezcla de frita plúmbica y arcilla, que después de la cocción resultó como un pseudoesmalte, en este caso muy compacto, endurecido, de tacto algo áspero y color poco homogéneo (figura 7).

Finalmente, destacar que estos modelos representaban minerales idealizados, deducidos a partir de sus equivalentes naturales, por el procedimiento de los biselamientos y truncaduras descritos anteriormente, sin considerar en ningún caso, la presencia o actuación de los elementos de simetría. Los poliedros obtenidos tampoco se relacionaron con los Sistemas Cristalinos hasta 30 años después, en que éstos fueron reconocidos por Weiss (1815). En las figuras 6 a 11 se muestra una selección de modelos, cuya morfología resulta una réplica exacta e inequívoca del mineral que representan.

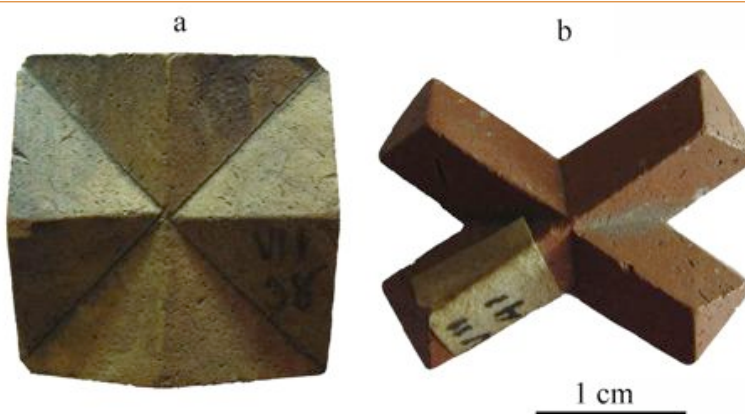


fig 6. Maclas de estaurolita (6 a) Cruz de Bretaña. Se observan marcas de arrastre del desgreasante dejadas durante el facetado, que se disponen paralelamente cuando están en la misma cara. (6 b) Cruz de San Andrés. Se observan marcas de arrastre del desgreasante. Museo de la Facultad de Geológicas de la Universidad Complutense.

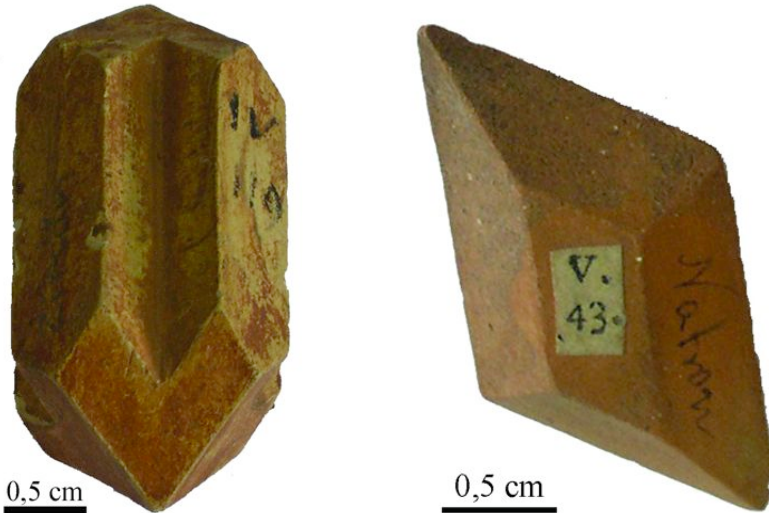


fig 7. Macla cíclica de harmotoma. Engobe vitrificado, muy compacto de tacto áspero y color poco homogéneo. Museo de la Facultad de Geológicas de la Universidad Complutense.

fig 8. Modelo de yeso (prismas y pinacoide). Museo de la Facultad de Geológicas de la Universidad Complutense.



fig 9. Modelo de turmalina (prisma y romboedro). Museo de la Facultad de Geológicas de la Universidad Complutense.

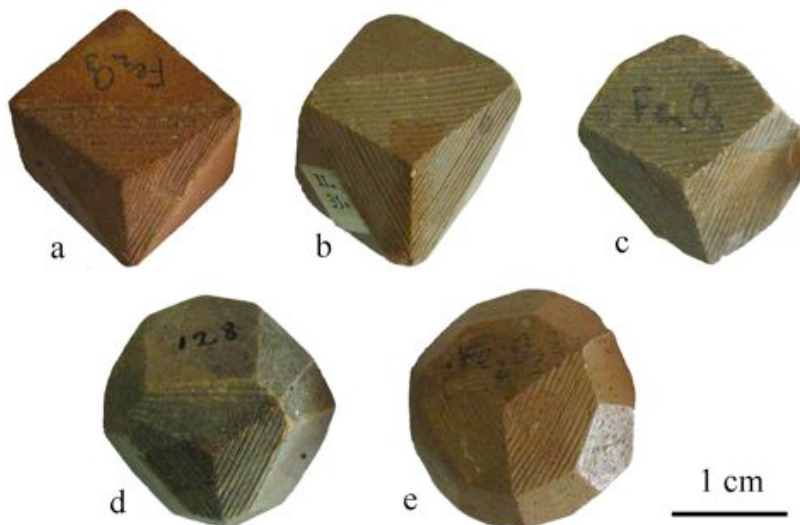


fig 11. Modelos de Hematites. Combinaciones de dos romboedros. Uno de ellos con las caras estriadas. (11 c) Con los vértices del contorno truncados. (11 d) Las aristas del romboedro largo están biseladas por un escalenoedro. (11 e) Dos romboedros (uno de ellos con las caras estriadas) y un escalenoedro. Museo de la Facultad de Geológicas de la Universidad Complutense.

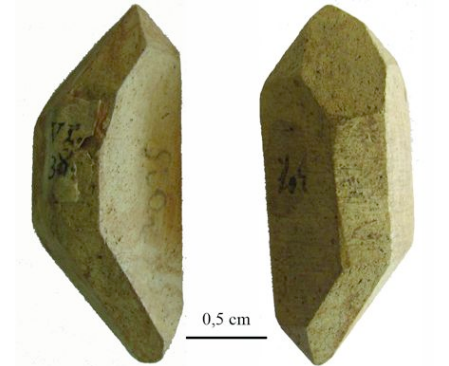


fig 10. Hábitos comunes del cuarzo, mostrando un desarrollo muy desigual de las formas que lo componen. Museo de la Facultad de Geológicas de la Universidad Complutense.

LOS MODELOS MODERNOS

Después de Romé de L’Isle, hubo otros científicos que realizaron sus propias colecciones empleando materiales diferentes, entre los que destaca la madera. Esta fue introducida unos veinte años más tarde por René Just Haüy (1743-1822), contemporáneo de Romé aunque algo más joven y declarado competidor suyo. Haüy también escribió un libro de mineralogía, su “*Traité de Minéralogie*” (1801), con cientos de dibujos, y también ofreció colecciones de modelos que los representaran, pero esta vez de madera, más manejable y fácil de trabajar. Especialmente apreciados fueron los de madera de peral, que permite obtener caras lisas, aristas afiladas y ángulos diedros muy precisos, necesarios para la producción de estos objetos en tres dimensiones. En general, la calidad y perfección conseguida era muy alta y algunos modelos, especialmente las maclas y los modelos de caras escalonadas, aparecen todavía hoy como obras maestras de la artesanía de talla en madera fina.

Sin embargo, a pesar de que la madera de peral mantenía un lugar muy destacado, los modelos se fueron fabricando también con maderas diferentes (figura 12) y con otros materiales como yeso, metales, vidrio, cartón, etc. En la figura 13 se muestra una colección de modelos de yeso, que también se exponen en el Museo de la Facultad de Geológicas de la Universidad Complutense. Se trata de 14 piezas que muestran unas características morfológicas tan simétricas, regulares y definidas, que bien podrían haber sido realizadas con un molde. Están decoradas con una película arcillosa preparada a partir de

una mezcla de caolinita con cuarzo, calcita y dolomita como desgrasantes, en la que se indentifica además una proporción muy elevada de Pb y Zn, distribuidos homogéneamente en dicha capa arcillosa. Estos elementos

pudieron incorporarse a la mezcla en forma de los pigmentos conocidos como blanco de Pb o albayalde ($Pb_3(CO_3)_2(OH)_2$) y blanco de Zn (ZnO). Considerando que el blanco de Zn no empezó a utilizarse de forma generali-

zada en Europa, hasta 1837 (Delamare y Guineau, 2009), es previsible que este grupo de piezas sean de esa época o posteriores (López-Acevedo y de Dios Celada, 2011).

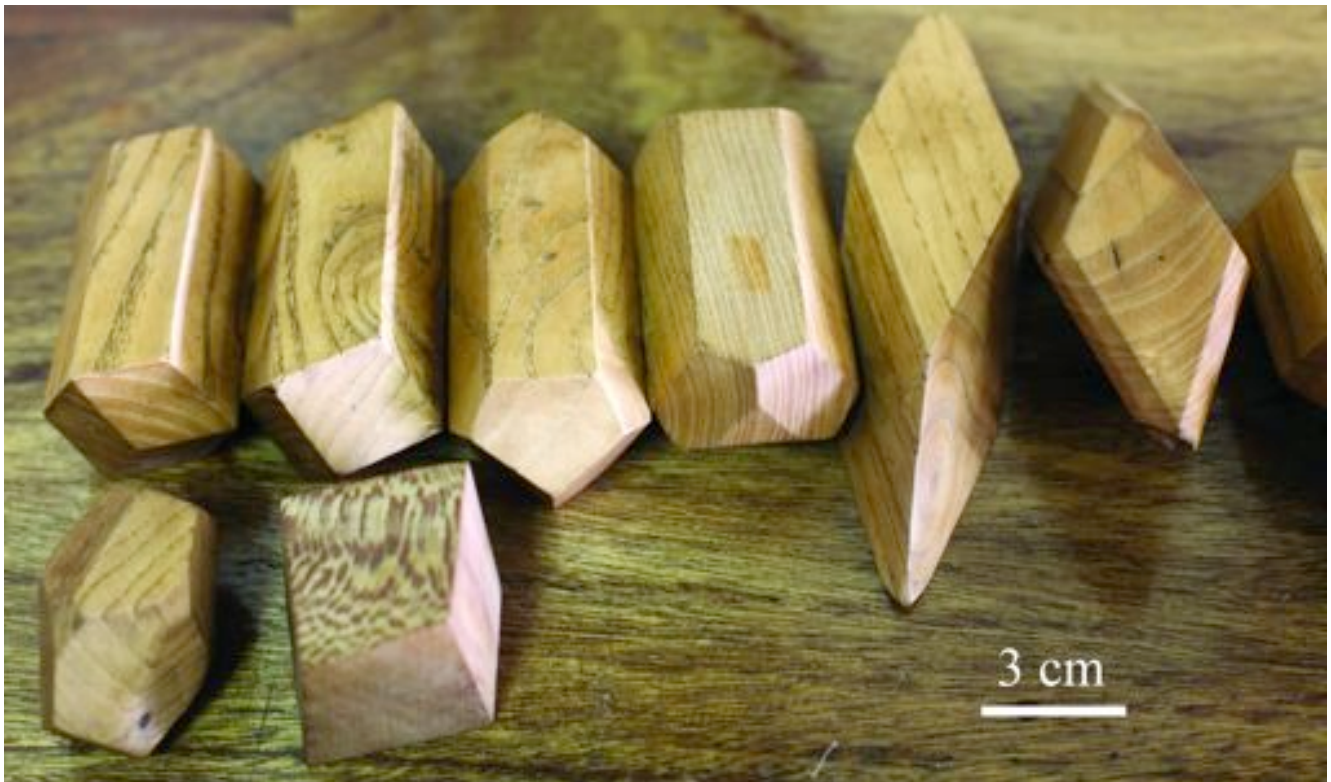


fig 12. Selección de modelos de madera de roble. Colección del Dpto. de Cristalografía de la Universidad Complutense (Foto Natalie Paco).

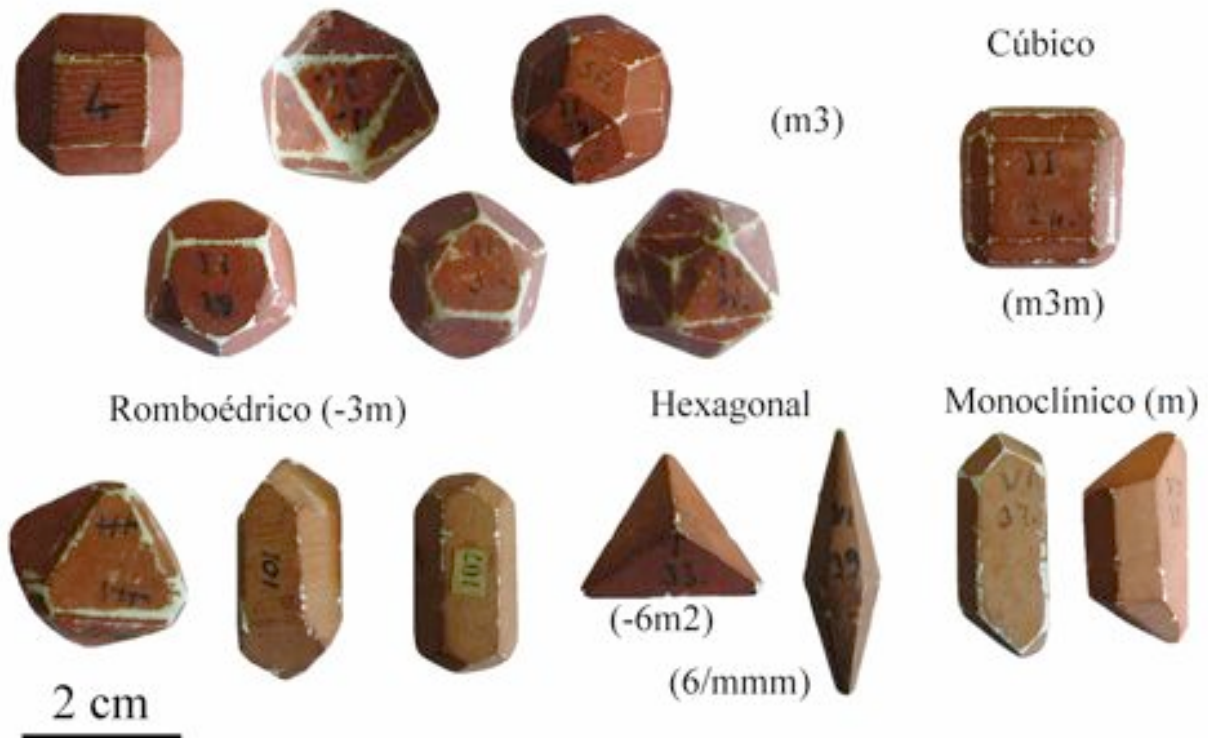


fig 13. Colección de modelos de yeso pintados con una pasta arcillosa. Museo de la Facultad de Geológicas de la Universidad Complutense.

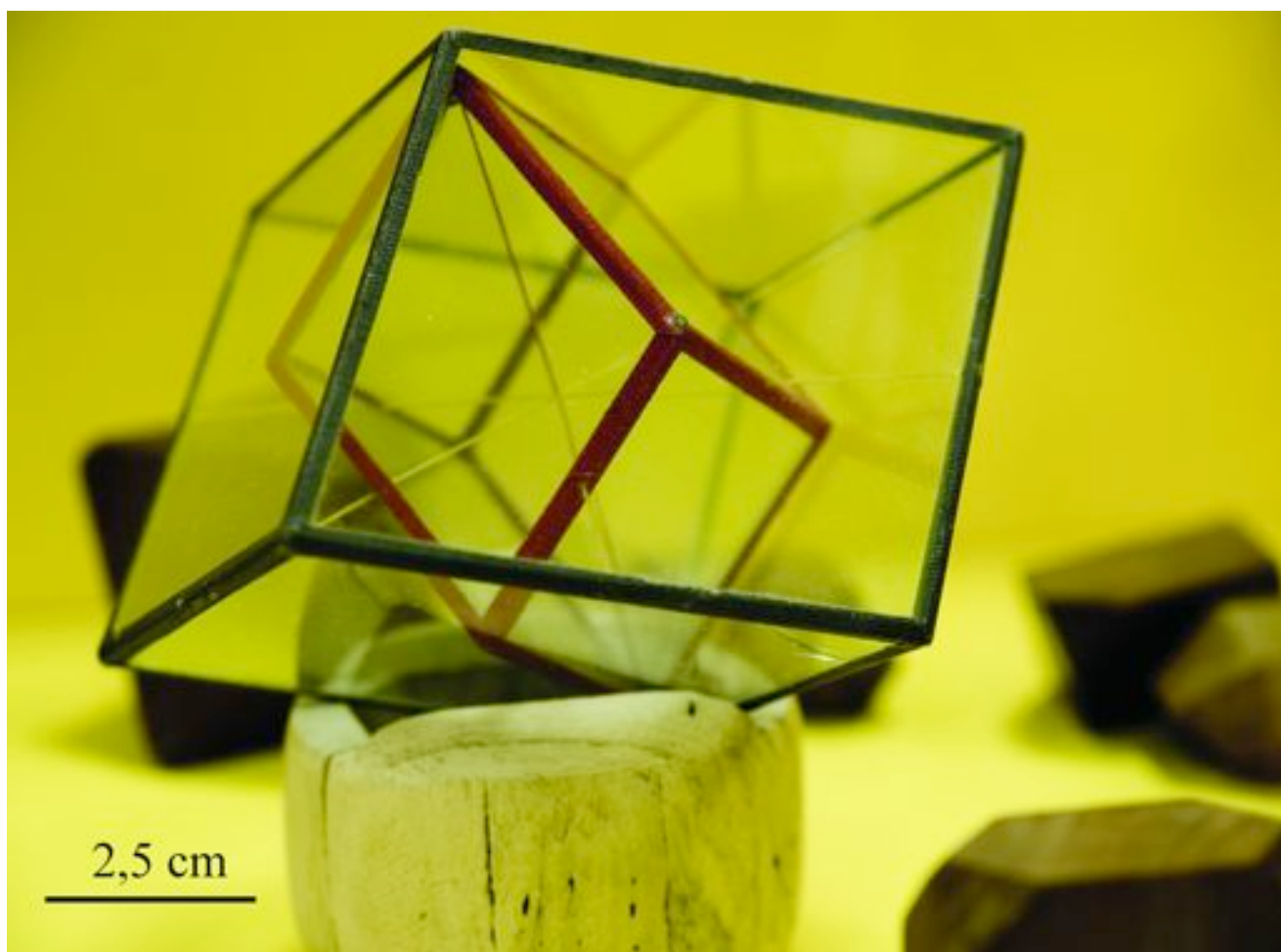


fig. 14. Romboedro de exfoliación de calcita realizado en vidrio, con celda romboédrica y ejes cristalográficos inscritos en su interior (de vidrio e hilos de colores, respectivamente). Colección del Dpto. de Cristalografía de la Universidad Complutense (Foto Pablo Marro).

Estos modelos, especialmente los de madera, fueron comercializados por la firma alemana “Krantz” (fundada en Bonn por August Krantz, en 1833) que, a finales del siglo XIX, había diseñado alrededor de 900 prototipos que han servido de base para la enseñanza de la Cristalografía en todo el mundo, hasta el día de hoy. En el inicio del siglo XX, un sobrino de August, Friedrich Krantz, amplió las colecciones de madera, fabricó modelos articulados con piezas giratorias, de todos los tamaños, y ofreció otras colecciones de vidrio, con los ejes cristalográficos representados por hilos de seda de colores o con otras formas del Sistema correspondiente (holoedrias, hemiedrias, ...) hechas de vidrio o cartón, situadas en el interior (figura 14), etc. Con los años, Krantz ha publicado numerosos catálogos detallados de todas sus colecciones, que constituyen una preciosa documentación de inestimable valor para coleccionistas y docentes interesados en conocer, apreciar e identificar estos objetos fascinantes.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido patrocinado por la empresa REPSOL. La Biblioteca Histórica de la UCM, “Marqués de Valdecilla”, ha proporcionado las copias de las láminas del IV tomo del libro original “*Cristallographie*” de Romé de L’Isle. El inestimable apoyo técnico y asesoramiento de D. José Luis Peña, D. Jordi Trilla, D. Miguel Angel Caja y Dña Lorena Azañón de la empresa REPSOL, así como los de Dña Nerea de Dios Celada, Dña. Belén Soutullo y D. Javier Élez, junto con las observaciones y sugerencias del Secretario de “Macla”, D. José Manuel Astilleros han contribuido a mejorar este trabajo.

REFERENCIAS

Amorós, J. L. (1978) *La gran aventura del cristal. Naturaleza y evolución de la Ciencia de los cristales*. Ed. de la Universidad Complutense. Madrid, 327 p.

Cuezva, S. y Élez, J. (2000) *Estudio preliminar de la microestructura de los huesos fósiles*.

- les de mamíferos de Somosaguas (Mioceno Medio, Madrid). *Coloquios de Paleontología*, 51, 137-157.
- Cuezva, S. y Élez, J. (2000) Reconocimiento del estadio de desarrollo en la microestructura de los huesos fósiles de mamíferos (Somosaguas y Layna). *Coloquios de Paleontología*, 51, 159-174.
- Delamare, F. y Guineau, B. (2009) *Les matières de la couleur*. Ed. *Decouvertes Gallimard. Sciences et Techniques*. Francia, 160 p.
- Doblas, M. (1998) *Slickenside kinematic indicators*. *Tectonophysics*, 295, 187-189.
- Dürer, A. (1525) *Underweysung der Messung, mit dem Zirckel und Richtscheit, in Linien Ebenen unnd gantzen corporen*. 1ª Ed. Hieronymus Andreae. Nüremberg, 182 p. [http://www.slub-dresden.de/index.php?id=5363&tx_dlf\[id\]=17139](http://www.slub-dresden.de/index.php?id=5363&tx_dlf[id]=17139)
- Haüy, R.J. (1801) *Traité de Minéralogie*. 1ª Ed. L'Imprimerie de Delance. 5 vols. París
- Krantz F. (1913) *Allgemeiner mineralogisch-geologischer Lehrmittel-Katalog für den Schulgebrauch*. Katalog Nº 18. Zweite Auflage. I. Teil. Bonn.
- Linneus, C. (1748) *Systema Naturae. Sistens Regna Tria Naturae, in Classes et Ordines, Genera et Species. Redacta Tabulisque Aeneis Illustrata*. 6ª Ed. Kiesewetteri. Estocolmo, 271 p. <http://gdz.sub.uni-goettingen.de/dms/load/img/?PPN=PPN371257700>
- López-Acevedo, V. (2006) *Modelos cristalográficos en terracota de Jean Baptiste Romé de L'Isle (Siglo XVIII)*. Catálogo de la colección del Departamento de Cristalografía y Mineralogía de la Universidad Complutense de Madrid. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Sección Geológica)*, 101(1-4), 5-29. <http://eprints.ucm.es/10163/>
- López-Acevedo, V. y de Dios Celada, N. (2011) Los "Modelos Cristalográficos" del Museo de la Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Sección Geológica)*. Entregado para revisión.
- Romé de L'Isle, J. B. (1783) *Cristallographie, ou description des formes propres à tous les corps du règne minéral, dans l'état de combinaison saline, pierreuse ou métallique*. 2ª Ed. L'Imprimerie de Monsieur, 4 vols. París.
- <http://books.google.com/books/ucm?vid=UCM531591659X&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- Sequeiros, L. (2002) *El Pródromo. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 10-3, 243-283.
- Steno, N. (1669) *De Solido intra Solidum Naturaliter Contento. Dissertationis Prodomus*. 1ª Ed. Sub Signu Stellae. Florencia, 78 p. Traducción a cargo de Sequeiros, L. (2002).
- Touret, L. (2004) *Crystal models: milestone in the birth of Crystallography and Mineralogy as Sciences*. In: *Dutch Pioneers of the Earth Sciences*. J. L. R. Touret & R. P. W. Visser, Eds. Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen. Amsterdam, 43 – 58.
- Werner A. G. (1774) *Von den äuserlichen Kennzeichen der Fossilien*. Crusius. Leipzig, 304 p. <http://digi.ub.uni-heidelberg.de/diglit/werner1774>
- Wilson, W. E. (1995) *Fabien Gautier d'Agoty and his Histoire Naturelle Règne Minéral (1781)*. *Mineralogical Record*, 26 (4), 65-76. <http://www.minrec.org/artwork.asp?page=1&artistid=47&cat=1>