



**Academia de Ciencias Matemáticas,
Físico-Químicas y Naturales de Granada**

EL CRISTAL Y LA ROSA

DISCURSO LEÍDO EN EL ACTO DE SU RECEPCIÓN
COMO ACADÉMICO NUMERARIO POR EL

ILMO. SR. D. JUAN MANUEL GARCÍA RUIZ

Granada, 2019



**Academia de Ciencias Matemáticas,
Físico-Químicas y Naturales de Granada**

EL CRISTAL Y LA ROSA

**DISCURSO LEÍDO EN EL ACTO DE SU RECEPCIÓN
COMO ACADÉMICO NUMERARIO POR EL**

ILMO. SR. D. JUAN MANUEL GARCÍA RUIZ

Granada, 2019

EL CRISTAL Y LA ROSA

JUAN MANUEL GARCÍA RUIZ

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

Excmos. e Ilmos. Miembros de la Academia,

Queridos amigos y compañeros,

Señoras y Señores.

Considero un honor estar propuesto para ingresar como Académico Numerario de esta Academia de Ciencias Matemáticas, Físico-Químicas y Naturales de Granada. Permítanme comenzar con mi agradecimiento a todos aquellos académicas y académicos que han tenido a bien apoyar mi candidatura, y especialmente a mi colega y amigo el Profesor Fernando Bea por ser el padrino de esta ceremonia y haber aceptado contestar este discurso.

Llegué a Granada con mi mujer Martha Santana y nuestra hija Andrea el año 1989. Yo me adelanté unos meses para preparar el terreno a la familia. Fui acogido por mi amigo Emilio Alfaro en un precioso carmen

del Albaicín. Me embrujó ese barrio y me emborraché de las generosas amistades que ya había cultivado, Ramón Gago, Pascual Rivas, Mercedes Palomo, la “nena” María José Megías, Rafael Martín “Pacheco” y las que empezaba a cultivar, Menchu Comas, Manolo Rodríguez Gallego, Puri Fenoll, y mis colegas del Instituto Andaluz de Geología Mediterránea. Cuando llegaron Martha y Andrea, la verdad es que el terreno lo había preparado poco. Afortunadamente, Paco Lodeiro nos ofreció su amplia y hospitalaria casa albaizinerá, en la que pasamos unos meses felices hasta que el sentido común nos dijo que debíamos mudarnos. Desde entonces vivo en esta tierra de catadores de luces y de aguas en la que vivió Federico García Lorca. Como muchos de los que aquí nos encontramos, cada día recorro las mismas calles, bebo las mismas aguas y doy mi sombra a las mismas luces que iluminaron al poeta. Voy con frecuencia a la casa en que nació y a las casas en que vivió. Lo hago a solas o con amigos forasteros que me piden que les acompañe en su recorrido lorquiano. Vamos a la casa natal en Fuentevaqueros y la Huerta de San Vicente, y en muchos casos también subo con ellos a Víznar, al barranco en el que lo asesinaron y en el que se sospecha que yace junto con centenares de españoles fieles a la República. He vivido cinco años en ese pueblo que se asoma a Granada desde la Alfaguara, y a él vuelvo cada 18 de agosto para guardar memoria de aquellos hechos, para comer tortas de pan con mis antiguos amigos y vecinos y para —bien entrada la noche— ver bailar a las muchachas los cantes gitanos que rompen el silencio del bosque que guarda esos cuerpos. Como muchos de ustedes saben, soy un geólogo y cristalógrafo dedicado a investigar minerales y materiales. Jamás imaginé que mis estudios científicos me acabarían llevando tan cerca del poeta. Cómo ocurrió este encuentro es la historia más interesante y

más bonita que puedo contarles como discurso de entrada en esta Academia. Y eso es lo que me dispongo a hacer.

Hace muchos años, al comienzo de mi tesis doctoral, descubrí unas estructuras cristalinas inorgánicas que, sorprendentemente, tenían formas de organismos vivos. Mi director de tesis, el profesor José Luis Amorós, entonces director del Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Mineralotecnia de la Universidad Complutense, me había propuesto como tema de tesina y tesis la cristalización en geles. Era una técnica de cristalización que se usaba para crecer cristales de alta calidad en medios gelatinosos que proporcionaban un transporte difusivo. Me pareció entonces un excelente tema de investigación. Un tema para dedicarle una vida entera. En primer lugar porque era una técnica poco desarrollada por su dificultad teórica. De hecho era una caja negra, un sistema de precipitación fuera del equilibrio. Eso para mí era muy atractivo. Además le veía muchas posibilidades para emular la formación de biominerales, las estructuras duras que forman los organismos vivos. También era un análogo de laboratorio de los experimentos de microgravedad, que entonces comenzaban a realizarse. Y además era una técnica muy barata, algo que en 1975 era importante. Aun me recuerdo comprando cola de pescado y gelatina en las droguerías del barrio de la Moncloa para hacer mis experimentos. Amorós me facilitó una publicación que se titulaba “Controlled nucleation and crystal growth of various CaCO_3 phases by the silica gel technique” escrito por uno de sus amigos, el Profesor Rustum Roy, a la sazón director del Materials Research Laboratory de la Universidad Estatal de Pensilvania y por el estudiante James McCauley. Se había publicado hacía solo un año, en 1974, en la revista American

Mineralogist (McCauley & Roy, 1974). En ese trabajo se describía la cristalización del carbonato cálcico, el mineral que forma las conchas y los cascarones de huevo, en geles de sílice con distintos valores de pH que variaban entre 6 y 11 (Fig. 1). Me había leído también con auténtico entusiasmo un libro de otro cristalógrafo español llamado Julio Garrido: “Forma y estructura de los cristales” (Garrido, 1973) (Fig. 1). Un extraordinario libro, cuya heterodoxia de entonces y modernidad de hoy, no ha sido aún justamente valorada, un trabajo de reivindicación que guardo la esperanza de poder hacer en el futuro. Entre otras muchas cosas, en el libro de Julio Garrido aprendí que existían los acantáridos, unos organismos vivos que, sorprendentemente, creaban sus exoesqueletos, sus conchas, con sulfato de bario. Repetí los experimentos de los americanos, entendí cómo funcionaba la técnica y para ser original, realicé los mismos experimentos pero en vez de cristalizar el carbonato cálcico cristalicé el sulfato de bario, la barita, seguro de que nadie habría intentado emular las conchas de ese mineral. Para mi sorpresa encontré que en algunos de esos experimentos, concretamente en los de pH más alto, se formaban unas estructuras rarísimas que parecían organismos vivos. En aquel entonces sólo contábamos en el departamento de Cristalografía y Mineralogía de la Complutense con un microscopio óptico de luz polarizada Zeiss y un difractómetro de rayos X de polvo Philips. Con el equipo de difracción de Rayos X descubrí sorprendido que esas estructuras no eran de sulfato de bario, el mineral que yo había pretendido cristalizar y el que cabía esperar que se formara. Con el Zeiss traté de hacer las mejores fotografías posibles y descubrí que las estructuras eran ópticamente cristalinas (Fig. 2). Tras meses de estudio identifiqué que esas estructuras eran de carbonato de bario, y

comprendí por qué (Fig. 3). En el gel de sílice alcalino de la parte horizontal del tubo en U el CO₂ atmosférico se convertía en carbonato que reaccionaba con el bario que difundía de una de las ramas verticales del tubo y formaba el carbonato de bario antes que el sulfato llegara a reaccionar (Fig. 4). Lo asombroso era que ese carbonato de bario no formaba buenos cristales sino estructuras caprichosas con morfologías reminiscentes de las formas de la vida primitiva. Hice cientos de experimentos para demostrarme que no había contaminación biológica, pero fue difícil convencer a mis colegas, más allá de mis amigos y compañeros de entonces y de ahora, Manuel Prieto, Juan Luis Martín Vivaldi, Victoria López Acevedo, Cristóbal Viedma, Isabel López Valero, ayudantes y becarios en el departamento. Y por supuesto al Profesor Amorós, que disfrutaba como un niño preguntándole a sus colegas catedráticos de biología si podían identificar los organismos de mis microfotografías, para después desvelarles entre carcajadas que eran estructuras inorgánicas. Incluso uno de los miembros del tribunal que juzgó mi tesis doctoral, quiso suspenderla porque insistía que esas estructuras eran producto de una contaminación biológica, que los experimentos no estaban bien realizados. Afortunadamente para mí, el tribunal estaba presidido por el Profesor Nicolás Cabrera, una autoridad mundial en Física de Estado Sólido, y especialmente en teoría del crecimiento cristalino, que había regresado de su exilio en los Estados Unidos para trabajar en la nueva Universidad Autónoma de Madrid.

Llamé inicialmente a mis estructuras “agregados cristalinos de morfología inducida” porque creía que su morfología se debía a la formación de una membrana de sílice, que servía como sustrato de cristalización y que adoptaba morfologías dictadas por la existencia de

disclinaciones. Estaba equivocado: lo que había descubierto eran estructuras auto-organizadas. No tardé mucho en darme cuenta porque en aquel tiempo leíamos con avidez a Prigogine y su termodinámica de procesos irreversibles. Finalmente las terminé llamando biomorfos de sílice y carbonato porque aunque son estructuras de carbonato de bario, de estroncio o de calcio, la sílice era crucial para producirlas. Y porque aunque eran estructuras puramente inorgánicas, exhibían las formas propias de la vida primitiva.

Durante las investigaciones subsecuentes, comprobé que mis biomorfos eran muy parecidos en forma a lo que se consideraban los fósiles más antiguos del planeta; los fósiles que nos ayudaban a datar la edad de la vida sobre la Tierra (Fig. 5). El descubrimiento de los más antiguos, de 3.500 millones de años, los había reivindicado el Profesor William Schopf, del Centro para el Estudio de la Evolución y el Origen de la Vida de Los Ángeles, en un artículo publicado en la revista *Science* (Schopf, 1993). La noticia, junto con alguna fotografía de esos putativos restos de los organismos más primitivos, había aparecido en la prensa y varios colegas me habían advertido de su semejanza con mis biomorfos. La verdad es que se parecían mucho a las estructuras descubiertas por Schopf, pero al principio pensé que podría ser pura coincidencia, y continué mis estudios enfocándome en los aspectos fundamentales de los biomorfos: ¿Cómo se formaban, qué texturas tenían, que variedades morfológicas existían? Pero como geólogo, la posibilidad de que los biomorfos pudieran haberse formado en medios naturales, es decir que fueran geoquímicamente plausibles, era muy atractiva. Y a medida que investigaba, más plausible parecía la idea. No era sólo la asombrosa similitud morfológica con muchos de los

microfósiles o dubio microfósiles que se habían publicado en el pasado. Es que mis estudios bibliográficos concluían que prácticamente todos los microfósiles precámbricos descritos hasta la fecha se encontraban en sílex, es decir en una roca que había sido un sol-gel de sílice. Y los microfósiles más antiguos de todos, en sílex baríticos. Es definitiva, que las condiciones en las que se formaban las rocas que contenían los posibles restos de vida más antiguos del planeta, eran básicamente las de mis experimentos de síntesis de biomorfos. En el siguiente paso fue fundamental mi amigo y colega el matemático Stephen Hyde, de la Universidad Nacional de Australia. No lo conocía de nada. Llegó un día a Granada fascinado por la morfología de los biomorfos de sílice y carbonato que yo había publicado y por García Lorca. En los días que siguieron dedicamos muchas horas del día y de la noche a hablar de biomorfos, del lenguaje de las formas, de estructuras cristalinas, de Lorca y de Leonard Cohen, en cualquier lugar de Granada, en mi laboratorio, en mi casa o en la Peña de la Platería. Le conté todo lo que yo sabía sobre mis estructuras y lo muchísimo que quedaba por saber. Y también el problema que me quitaba el sueño: la posibilidad de que las microestructuras fósiles que se encontraban en las rocas más antiguas de su país pudieran tener una explicación alternativa en los biomorfos. Y, a pesar de que pertenecía al Departamento de Matemática Aplicada, Stephen decidió que debía apoyar también esa faceta de la investigación. Era un apoyo muy generoso, porque aun entonces, mis estudios eran recibidos con tanta desconfianza que me resultaba difícil publicar mis resultados, ya que la mayoría de los árbitros pensaban que mis experimentos debían de estar contaminados, que era imposible que el mundo mineral creara esas formas tan biológicas. Diseñamos toda una batería de complicados experimentos,

me fui varios meses a Camberra, y junto con un equipo de colaboradores creado *ad-hoc* demostramos que no había manera de distinguir técnicamente si esos pretendidos fósiles eran realmente restos de los organismos más primitivos o de las estructuras minerales autoorganizadas que sintetizábamos en el laboratorio (Fig. 6). Publicamos los resultados de esa investigación en diferentes revistas (Garcia-Ruiz *et al.*, 2002, Garcia-Ruiz *et al.*, 2003, Hyde *et al.*, 2004, Carnerup *et al.*, 2006). La controversia con el Schopf fue dura pero sacó a la luz la indudable realidad de estas fascinantes estructuras biomiméticas. Desde entonces los biomorfos de sílice se investigan y se siguen estudiando en prestigiosos laboratorios del mundo con distintos objetivos (Terada *et al.*, 2003, Bittarello *et al.*, 2010, Noorduyn *et al.*, 2013, Kaplan *et al.*, 2017, Nakouzi & Steinbock, 2016, Pérez & Moreno, 2019, Opel *et al.*, 2016, Opel *et al.*, 2019). En primer lugar porque suponen un problema fundamental de morfogénesis endiabladamente complicado. En segundo lugar por su interés como materiales biomiméticos nanoestructurados con enormes posibilidades en el diseño de materiales avanzados. Y también por su interés en la geoquímica precámbrica y en la detección de vida primitiva. De hecho, la mayoría de los expertos entienden y aceptan nuestra principal reivindicación: que la morfología por sí sola no contiene información genética, que no es un criterio para detectar vida primitiva en este o en otros planetas (Knoll, 2003, Gargaud, 2011, Lopez-Garcia *et al.*, 2006, Ollivier *et al.*, 2018, Javaux, 2019).

Quizás porque lo sufrí personalmente, yo me quedé enganchado con los problemas de credibilidad de esos experimentos. Nunca logré entender la tozuda intransigencia de la comunidad científica para aceptar el rigor

de unos experimentos que cualquiera podía repetir en su laboratorio. Eso me llevó a preguntarme por el origen de tanto recelo. ¿Por qué tanta resistencia a admitir que el mundo mineral puede crear formas hasta entonces consideradas exclusivas de la vida? ¿Por qué tanta reserva para reconocer que la forma de un objeto por sí misma no contiene información inequívoca sobre su origen?

Encontré que la razón no es otra cosa que la creencia, profundamente arraigada en nuestra cultura, de que hay dos tipos opuestos de simetría que corresponden a dos formas diferentes de entender el mundo. Por un lado la simetría de lo mineral, de lo inorgánico, circunscrita a las formas cristalinas dominadas por la sencillez de la línea recta que dibuja poliedros. Por otro, la simetría sensual de la vida, libre de restricciones estructurales, exuberante, dominada por la curva y la ramificación (Weyl, 1952). La idea de la existencia de una frontera marcada separando el reino de la biología y la sensualidad, del reino de los minerales cristalinos y la fría racionalidad, ha impregnado el paisaje de las artes y la filosofía durante siglos (Worringer, 1907, McManus, 2005, Raquejo, 1990, Worringer, 2015). La cristalografía y la mineralogía han jugado un papel muy importante en la creación y definición de esa supuesta división (Fig. 7).

Fascinación por los cristales

Los cristales nos han fascinado a la humanidad desde tiempo inmemorial. En este caso el significado de la expresión es literal. Hoy sabemos que los primeros objetos que los homínidos recolectaron sin ningún propósito utilitario fueron los cristales de cuarzo (Fig. 8). Un conjunto de pruebas variadas e irrefutables han sido reunidas y en parte

contribuidas por expertos en paleoarte como Robert Bednarik (Bednarik, 2003) y James Harrod (Harrod, 2014). Por ejemplo, Pei Wenzhong, quien descubrió el Hombre de Pekín, publicó en 1931 el hallazgo de veinte cristales de cuarzo en la famosa cueva de Zhoukoudian junto con los restos del Homo erectus que datan de hace 700,000 años (Wenzhong, 1931). Uno de ellos era un cristal de cuarzo ahumado perfectamente facetado, un prisma hexagonal biterminado en pirámides de unos seis centímetros de longitud. En 1989, en el famoso yacimiento arqueológico de Singi Talav en India, se encontraron seis prismas de cuarzo prácticamente completos en un estrato del Bajo Achelense (entre 300.000 y 150.00 años). Estos prismas son naturales, no han sido modificados y miden entre 7 y 25 milímetros de longitud (d'Errico *et al.*, 1989). Bednarik descubrió un fragmento de un cristal de roca transparente también en el Achelense, esta vez en Gudenushöhle (Austria) (Bednarik, 1992), y otros cristales de cuarzo en varios estratos datados entre unos 276.000 y 500.000 años en la cueva Wonderwerk (Sudáfrica) (Bednarik, 1993). Los cristales recolectados por los homínidos han sido encontrados junto a fósiles de homínidos lejos de su lugar de origen. Ninguno de esos cristales fueron usados como herramientas, ya que son demasiado pequeños para ser utilizados para cualquier propósito práctico. Nunca fueron trabajados o modificados ni tampoco tienen perforaciones o signos de uso como joyas. No, eran objetos considerados valiosos en sí mismos. En varios casos, los cristales encontrados en esas excavaciones (por ejemplo, en Singi Talav) provenían de diferentes afloramientos. A pesar de ser recolectados en diferentes sitios, fueron identificados como objetos del mismo tipo, un ejercicio formidable de reconocimiento de patrones.

En resumen, hace casi un millón de años (quizás incluso antes si se confirman otros descubrimientos), el cerebro del Homo erectus se sintió tan atraído por las formas de los cristales de cuarzo que decidieron recolectarlos y viajar con ellos (Bednarik, 2011) ~~(Bednarik, 1994)~~. Y no parece que la fascinación humana por los cristales haya decaído con el tiempo. La pregunta es inevitable: ¿por qué esos homínidos, aún sin una conciencia desarrollada, se sintieron atraídos por los cristales de cuarzo? ¿Por qué los valoraron y los llevaron consigo como preciados tesoros?

Cuando el Homo erectus levantó la cabeza y miró la sabana africana o los bosques asiáticos, todo lo que vio era curvo o ramificado. Los árboles, los arbustos, los surcos labrados por el agua, los arroyos, las nubes, las montañas, los animales y sus semejantes: no había una línea recta, ningún objeto formado por superficies planas, ni formas poliédricas. Hoy, gracias al pionero científico y pacifista Lewis Fry Richardson (Richardson *et al.*, 2009) y al sagaz Benoit Mandelbrot (Mandelbrot, 1982) sabemos que la geometría de la naturaleza es la geometría fractal. Todo lo que la naturaleza ha creado sobre la faz de la tierra es geoméricamente el resultado de ramificaciones y curvaturas continuas, de la autosimilitud. Todo excepto los cristales. Cuando el Homo erectus intentó entender el mundo con sus cerebros preconscientes, lo primero que tuvieron que hacer fue encontrar patrones visuales, separar lo que es igual de lo que es diferente. Cuando descubrieron la existencia de cristales de cuarzo o piritita, debieron darse cuenta de que estos objetos brillantes y poliédricos formados por líneas rectas, caras planas y ángulos deterministas, libres de curvas, eran completamente únicos. Recuérdese que, a excepción de los cristales, los

humanos hemos inventado la línea recta, la cuadrícula, los poliedros y, por supuesto, la geometría euclidiana. Esta excepcional geometría de los cristales es la razón por la que fueron deseados por los homínidos, y probablemente los catalizadores de los procesos que llevaron a la creación de la nuestra conciencia.

Pero había algo aún más enigmático en estos objetos. Todo lo que el Homo erectus vio a su alrededor tenía una historia, un principio y un fin. Las plantas brotaron y crecieron, los arroyos surgieron de las lluvias y los manantiales, al igual que las formas talladas por la erosión; vieron nacer a los animales, y vieron nacer a sus propios hijos: todas las cosas, incluso las herramientas rudimentarias que habían logrado producir, tenían un origen, un principio y un final. Sin embargo, esos cristales misteriosos no los tenían. No los habían visto nacer, ni crecer. Como el monolito de 2001: Una odisea del espacio (Kubrick & Clarke, 1968, Clarke, 1968), para de los homínidos los cristales aparecían de la noche a la mañana ¿Quién fue el creador de algo tan singular? Esa pregunta tenía que tener una respuesta tarde o temprano. Inevitablemente, los cristales fueron vistos como "máquinas", dispositivos que por primera vez se "comunicaban" con el más allá, lo que fuera o quien fuera, cualquiera de las versiones del gran más allá que abarca el monolito de "2001" (Schwam, 2000) (Fig. 9).

La singularidad, el origen enigmático y la armonía son una combinación perfecta para creer que los cristales estaban conectados a algo poderoso, mágico, desconocido (García-Ruiz, 2018). Era una creencia en el Achelense y aún lo es hoy en día en que los cristales evocan conceptos tales como orden, pureza, transparencia, armonía, perfección, razón, inteligencia y poder. Para ilustrarlo, uno solo

necesita revisar el uso contemporáneo de los cristales en los cómics, la literatura de ciencia ficción y las películas. Ejemplos icónicos son “Superman” o la citada novela de Arthur Clarke "2001: una odisea del espacio" y la película homónima dirigida por Stanley Kubrick (Kubrick & Clarke, 1968), donde estos autores seleccionaron una forma de cristal perfecta para visualizar la desconocida, poderosa, extranatural fuente de energía que podía influir en el pasado y en el futuro de nuestras vidas.

Este es probablemente el origen de nuestra fascinación por los cristales. Y esta es probablemente la raíz más profunda y antigua en la creencia de la existencia de dos reinos de simetría, el de los cristales y el de la vida y los patrones naturales. Esta creencia no solo se ha mantenido, sino que ha evolucionado con el tiempo. A partir de la evidencia arqueológica del interés de los cristales durante las primeras etapas de la evolución humana, la evidencia crece para diferentes culturas de la época prehistórica, y se destaca para la época clásica, griega y romana, principalmente para los cristales de roca, pero también para otros minerales. El conocimiento de los griegos de las propiedades físicas y “curativas” de los cristales se describió en detalle en el breve pero informativo "Sobre las piedras" de Theophrastus (Theophrastus, 1956). En la época romana clásica, la Historia Natural enciclopédica de Plinio el Viejo (Cohen, 1987), particularmente los libros XXXVI y XXXVII, es un compendio de todo lo que se conocía sobre los cristales en el primer siglo de nuestra era. Plinio se convirtió en la fuente principal de todos los lapidarios escritos durante la Alta y Baja Edad Media, el Renacimiento y más tarde aún, hasta el siglo XVIII (Amorós, 1978). Todavía se pensaba que las propiedades curativas y mágicas de los cristales y minerales eran sus propiedades principales, mientras que

aparecieron nuevas ideas científicas en el campo de la minería, especialmente el trabajo de Agrícola (1494-1555) (Hoover & Hoover, 1950). El redescubrimiento de la geometría euclidiana y los sólidos platónicos y otros poliedros por Luca Pacioli (1447-1517), Piero de la Francesca, Leonardo Da Vinci y Durero, preparan las mentes para nuevos enfoques científicos sobre la morfología y el crecimiento de los cristales, que llegaron más tarde con Johannes Kepler (1571-1630), y principalmente con la formidable obra de Nicolaus Steno (1638-1686) en el siglo XVII (Steno, 2002). Sin embargo, el mayor impacto de los cristales en la filosofía y las artes ocurrirá en el siglo XIX con el nacimiento y desarrollo de la cristalografía científica.

A finales del siglo XVIII el abad Haüy presentó la teoría reticular de los cristales (Fig. 10). En ella argumentaba que los cristales estaban formados por el apilamiento ordenado de unidades idénticas que llamó moléculas integrantes. La teoría explicaba las caras planas, las diferentes formas poliédricas, la ley de constancia de los ángulos diedros, y la ley de los índices racionales. Convertía la cristalografía en una ciencia. La exploración detallada y la matematización de la idea inicial por parte de Haüy, Weiss y otros cristalógrafos convencieron a la comunidad científica que la aceptó plenamente en los primeros años del siglo XIX. El mundo culto descubría atónito que la belleza armónica externa de los cristales que habían fascinado a la humanidad desde hacía miles de años, se debía a la existencia de un orden periódico interno, perfecto (Metzger, 1918, Amorós, 1978, Burke, 1966). Y también atrae rápidamente a filósofos y pensadores que ven en esa teoría reticular una pista, una indicación de algo que la humanidad siempre ha buscado asegurarse desde los tiempos jónicos:

que existe un orden detrás del mundo natural aparentemente caótico. Para el pensamiento racional emergente en el siglo XIX, confiado en los avances de la ciencia y la tecnología, la teoría molecular de los cristales significaba que se podía entender el mundo natural supuestamente desordenado y caprichoso. La forma externa y la estructura íntima de los cristales se convirtieron en un canon estético de perfección, un canon de belleza y, en definitiva, una herramienta idónea para abstraer el mundo y comprenderlo.

El triunfo del orden perfecto

La idea era tan sugerente que estaba destinada a penetrar en el mundo del arte, en todas las artes. El orden cristalino como modelo cosmológico se propagó por todo el mundo con una eficacia inopinada. Llegó a todas las artes, caló tanto en ellas que generó un conjunto de nuevas tendencias que fueron la base de lo que se conoce como modernismo, y que aún hoy día tienen una extraordinaria vigencia. Por ejemplo, el impacto en la pintura se hizo evidente a principios de siglo XX, comenzando por la introducción del cubismo y especialmente el llamado cubismo cristalino (Daix, 1998) en el que sobresalen Pablo Picasso, George Braque o Juan Gris (Fig. 11). A ellos le siguieron el purismo y en cierta medida el futurismo y la escuela del retorno al orden. Basilis Kandinsky, Piet Mondrian, Albers, y muchos otros abrazarían la estética de la línea recta, de la abstracción, de los cristalinos. Y luego, bien entrado el siglo XX, este concepto de orden creó mundos imposibles como los de Maurits Escher (1898-1972) (Escher, 2000), o sorprendentes estéticas pop como las de Vasarely (1908-1997) (Spies, 1971).

En arquitectura conviene comenzar con Wenzel Hablik, pintor y arquitecto alemán que publicó en 1909 un portafolio de 20 obras titulado “Creative Forces” (Welter, 2002, Tischhauser & Santomasso, 1980). (Fig. 12). Esta obra es un imaginario de sueños arquitectónicos basados en estructuras cristalinas. Poco después se crea la “cadena de cristal” un club de arquitectos y diseñadores concebido y liderado por Bruno Taut, autor del Palacio de Cristal de la Exposición Universal de Colonia del año 1914. A este club perteneció el arquitecto Walter Gropius, creador de la famosa Bauhaus en 1919, una exitosa escuela de estética abstracta-cristalina, que despertó un enorme interés en Alemania y en la que enseñarían Paul Klee, Vasili Kandinsky, Laszlo Moholy-Nagy, van der Rohe, entre otros. Ellos fueron el germen de lo que después se conoció como la arquitectura modernista, también llamado en los Estados Unidos el “estilo internacional”, que definió el paisaje urbano del siglo XX e incluso del XXI, desde el diseño urbanístico, la arquitectura monumental y en muchos casos, el skyline de las grandes ciudades. Las obras de Le Corbusier, Mies van der Rohe, Philip Johnson, o el primer Wright, dan evidencia de ello (Daix, 1998). Las nuevas tecnologías de la construcción como el hormigón armado, el vidrio y el acero, permite expresar la geometría abstracto/cristalino en unos edificios en los que la línea recta del cristal, su transparencia y su pureza geométrica libres de todo ornamento domina, hasta borrarlas, a las apasionadas curvas de la pulsión. Por citar algunos edificios emblemáticos de la época, recordemos la famosa Farnsworth House de van der Rohe (Fig. 13), la casa de Cristal y la Catedral de Cristal de Phil Johnson (Fig. 14), la casa de la Cascada de Frank Lloyd Wright (Fig. 15), el edificio Seagram, de Johnson y van der Rohe, o el edificio de las Naciones Unidas de Le Corbusier y

Niemeyer, estos últimos en Nueva York. La influencia se mantuvo y creció con el tiempo. Recordemos la pirámide del Louvre (Fig. 16), El Museo Real de Ontario (Fig. 17), el Kinemax de Poitiers (Fig. 18), las torres inclinadas de la Plaza de Castilla en Madrid (Fig. 19), o los recientes edificios de Pelli, la Torre Cristal en Madrid y el World Trade Center de la zona cero de Nueva York, que según el propio arquitecto, recientemente fallecido, “fue concebido como una escultura cristalina, delicada y vivaz de formas ascendentes que llevan nuestra mirada hacia su remate y al cielo. Las facetas de la torre capturan y reflejan la luz con gran dinamismo”.

Pero no fue solo la pintura y la arquitectura. La concepción abstracto-cristalina penetró incluso en la danza, con Rudolf von Laban (1879-1958), "el bailarín del cristal" como el principal contribuyente (Döerr, 2007, Schwabe, 2010) (Fig. 20). Laban, que consideraba que nuestra anatomía está construida de acuerdo con las leyes de lo que llamó una "cristalización dinámica", es el creador de la gramática de la danza moderna que reivindica una integración de la mente y el cuerpo a través de la simetría del icosaedro. Vicente Escudero, bailarín flamenco, es otro ejemplo indiscutible de danza cristalina (Navarro, 2012, Escudero, 1947) que merecería un estudio aparte. En literatura, los cristales entran como caracteres estelares en las obras del siglo XIX. Julio Verne los usa en el viaje al centro de la Tierra en 1864, el mismo año que George Sand publica “Viaje a través del cristal” (Sand, 1998). En el ensayo publicado en 1914 “La arquitectura de cristal” (*Glasarchitektur*), Paul Scheerbart, explícitamente defiende el cristal/vidrio (la transparencia, la pureza, la claridad) frente al ladrillo (Scheerbart, 1998). Y la estética cristalina, tanto en el uso de la modularidad en la estructura interna de

los edificios como en el de las formas poliédricas externas. “Crystal soul” de Ernest Haeckel fue publicado en 1917 (Haeckel, 1917). Ambos ensayos tuvieron un gran impacto en la arquitectura y el diseño alemán de principios de siglo XX. Y en el cine Metrópolis, La estructura del cristal, Superman, Men in Black y finalmente “2001: una odisea en el espacio” y su monolito de cristal, por citar sólo unos ejemplos.

¿Cómo se explica semejante impacto de una idea científica en todas y cada una de las artes? La herramienta sociológica que está detrás de esa influencia fue una institución revolucionaria que se inventó en la primera mitad del siglo XIX: los jardines de infancia, los kindergarten (Brosterman, 1997). Esta institución educativa revolucionaria fue promovida a principios del siglo XIX por Friedrich Froebel (1782-1852)(Rubin, 2002, Brosterman, 2002, Kahr, 2004), un joven profundamente influenciado por el movimiento romántico en Alemania quien creía que detrás del aparente caos del mundo real, hay un orden natural oculto, un continuo de origen divino (Froebel, 1885) (Fig. 21). En la Universidad de Jena conoció las ideas de Immanuel Kant, Johann Wolfgang Goethe, Johann Gottlieb Fichte, Friedrich Schiller y Friedrich Schelling (Provenzo Jr, 2009). Siguiendo las ideas de Pestalozzi y Rousseau sobre educación (Kahr, 2015) Froebel pretendía ayudar a los niños a descubrir, por sí mismos, el orden natural, a descubrir que naturaleza y la humanidad formaban parte de un todo armonioso. Para lograr su objetivo utilizó la mejor representación del orden geométrico recién descubierta en la naturaleza: el orden cristalino. Un orden que él conocía de cerca, ya que Froebel había sido asistente del cristalógrafo y profesor de la Universidad de Berlín Christian S. Weiss (1780-1856),

quien junto con Häuy matematizó la teoría reticular de los cristales y la simetría cristalina. El maravilloso descubrimiento del orden intimo de los cristales era la prueba definitiva de esa armonía de la naturaleza. Nada mejor que ella para instruir a la infancia. La idea de los jardines de infancia se extendió rápidamente por Austria, Alemania, Francia, Bélgica, Inglaterra, México, Estados Unidos y América Latina, pero también en Japón y Rusia. Miles de escuelas de Froebel se crearon en todos estos países. En la guardería, los niños y niñas se sentaban en mesas individuales en cuya superficie se había grabado una cuadrícula. Se les pedía que jugaran, que crearan formas y construyeran patrones geométricos con los diecinueve kits que Froebel inventó para ayudarles a aprender, a descubrir por sí mismos el orden natural a partir de patrones basados en el orden geométrico de los cristales (Brosterman, 2002) (Fig. 21). Eran diecinueve estuches que contenían elementos geométricos, cubos, prismas, tiras, palitos, cilindros, esferas..., con los que tenían que construir estructuras cristalinas, formas con orden periódico (Fig. 22). Los bloques de madera o plástico que apilan nuestros hijos y nietos hoy día no son más que uno de los kits creados por este joven pedagogo (Kahr, 2004). Cientos de miles de infantes se sentaron frente a esas mesas cuadrículadas. Muchos de esos niños eran los hijos de familias amantes de la cultura. Entre ellos estaban aquellos que luego serían los grandes artistas de finales del siglo XIX y XX, a saber: Georges Braque (1862-1963) y Piet Mondrian (1872-1944), Frank Lloyd Wright (1867-1959) Richard Buckminster Fuller (1895-1983), Wassily Kandinsky (1866-1944), Johannes Itten (1882-1967), Charles-Edouard Jeanneret (Le Corbusier) (1887-1965), Paul Klee (1879-1940) y Walter Gropius (1883-1969), y Josef Albers (1888-1976)(Brosterman, 1997). Esta idea de simetría cristalina (estructural y

morfológica) y el orden euclidiano como la representación abstracta de la realidad quedó marcada en aquellas generaciones de infantes. Los kindergarten de Froebel fueron decisivos para la penetración de la cristalografía en las artes y el pensamiento.

Esa estética que defendía las formas puras, la línea recta, recorrió el mundo de las artes creando una visión absolutamente opuesta a la del arte entendido como pasión y sensibilidad, creando inevitablemente un debate feroz de tal consecuencia que aún sustenta el arte moderno. Era la estética de lo apolíneo que Nietzsche enfrentaba a lo dionisiaco, pero sustentada por el orden descubierto en la perfección de los cristales, y el éxito del progreso y la máquina. Era también la dicotomía que Wilhem Worringer había observado a lo largo de la historia del arte entre la abstracción y la empatía, entre lo inorgánico-cristalino y lo orgánico-natural. El conflicto estético del que les hablo fue bellamente resumido por el escritor italiano Italo Calvino: "Cristal y llama, dos formas de belleza perfecta de las que no puede apartarse la mirada, dos maneras de crecimiento en el tiempo, de manifestación de la materia circundante, dos símbolos morales, dos absolutos, dos categorías para clasificar hechos, ideas, estilos, sentimientos ..." (Calvino, 2014). Este debate se podría ilustrar en las diferentes artes y entre distintos artistas (De Castro Pita, 2012). Pero el más conmovedor e interesante de todos los que he estudiado tuvo lugar en Madrid en los años veinte del siglo pasado entre dos artistas jóvenes, a saber, el joven Salvador Dalí (1904-1989) y el joven Federico García Lorca (1898-1936) (Gibson, 2004).

El cristal y la rosa

El teatro de esta historia que ocurre entre los años 1923 y 1926 fue la Residencia de Estudiantes, una institución krausiana perteneciente a la Institución Libre de Enseñanza, que fue clave en la educación española, (Pérez-Villanueva Tovar, 2011) (Fig. 23). Dalí llegó a la Residencia de Estudiantes en el año 1922. Para entonces ya era un declarado pintor, pero sobre todo un gran conocedor de las vanguardias europeas gracias a la información que le proporcionaba su tío Anselm Domenech y anteriormente su admirado José Pixot Gironés. Su tío Anselm, copropietario de la librería Verdaguer en las Ramblas barcelononesas, le tenía al tanto de las novedades, tendencias y exposiciones más importantes que tenían lugar en Barcelona. Le enviaba también puntualmente las revistas que forjarían su pensamiento artístico, como los *Valori Plastici* de los futuristas italianos. Dalí pintaba bajo la influencia de los pintores vanguardistas, del movimiento de "retorno al orden" y el cubismo de Georges Braque, Juan Gris (1887-1927) y Pablo Picasso (Dalí, 2013, Fernández & Sánchez Torroella, 2013). Como el mismo afirmaría en una célebre carta a Sebastià Gasch (Gibson, 2019), "estaba obsesionado con la geometría". Entre esas publicaciones que Dalí devoraba en la residencia se encontraba *L'Esprit Nouveau*, la revista más influyente del movimiento artístico que marcaría rotundamente toda la creación artística del siglo XX y aun del siglo XXI (Vicovanu, 2009). La dirigían y editaban el pintor Amédée Ozenfant y el arquitecto y urbanista Charles-Édouard Jeanneret, más conocido posteriormente por Le Corbusier. En el número 25 de la revista, publicado en 1924, apareció un artículo escrito por sus editores, titulado "Vers le cristal" (Hacia el cristal) (d'Ozenfant & Jeanneret,

juillet 1924) (Fig. 24). En este artículo, los autores defendían la idea del cristal como el supremo canon de belleza: la línea recta, la transparencia y la pureza, es decir, el orden, la razón, el conocimiento, la geometría ... como única fuente del arte.

En la residencia de estudiantes Dalí conoció a Federico García Lorca (1898-1936) con quien entabló algo más que una íntima amistad. García Lorca, seis años mayor que Dalí, había llegado a la Residencia el año 1919. Nada más conocerse, Dalí quedó cautivado por el enorme talento y atractivo de Federico. Lorca tenía una personalidad cautivadora. Era un músico talentoso y un poeta excepcional. Estudioso y erudito, conocía y entendía la visión vanguardista del arte que Dalí abrazaba en aquellos años, pero no la compartía. “Conozco a Lorca y empieza nuestra amistad basada en un total antagonismo”, diría Dalí en su ya referida carta a Sebastià Gasch (Gibson, 2019).

Lorca era un joven andaluz de Granada. Un andaluz culto pero unido a la tierra, telúrico. Creció en un vega feraz entre huertos, olivos, arboledas y rosales. Había vivido en una ciudad donde el urbanismo andalusí dibujado por la curva de la tierra todavía pervivía, aunque amenazado por la recta de la arquitectura y por la máquina. Probablemente conoció de muy joven el nuevo movimiento artístico y la controversia intelectual a través de Ángel Ganivet (1865-1898). Ganivet fue un singular escritor y diplomático español que ya en 1898 abogaba por poner coto ético y estético al progreso que amenazaba romper el cordón umbilical del hombre con la naturaleza. Despreciaba la ética y la estética que traían consigo la revolución industrial, el progreso (Ginsberg, 1985, Robles-Egea, 1997). Por ejemplo, se había opuesto a la construcción de la Gran Vía de Colón, un bulvar

rectilíneo que se extiende por la ciudad de Granada, construido según las reglas del nuevo urbanismo vanguardista, opuesto a la forma sensual y curvilínea del urbanismo árabe del Albaicín (Ganivet, 1896). Lorca no rechazó los avances tecnológicos pero no estaba convencido de los valores estéticos derivados de ellos. Más que el arte como conocimiento, García Lorca defiende el arte como sensibilidad y pasión; en lugar de la deshumanización del trabajo artístico, la emoción y la sensualidad, en lugar de la simple línea recta, prefirió la compleja curvatura de la rosa. Ambos artistas, Dalí y Lorca, sabían exactamente de lo que estaban hablando, y pasan días discutiendo apasionadamente hasta "las tres o las cinco de la mañana", como precisaría a su manera Dalí (Gibson, 2004, Dalí *et al.*, 2013). Uno de ellos, el pintor, desde el lado del conocimiento aprendido en los libros; el otro, el poeta, a partir del conocimiento dado por el don de la creatividad. “¡Hay claridad!” Ambos amigos brindarían por eso al final de otra noche de discusiones apasionadas. Federico entendió la propuesta ultraísta, la cristalina ...

*¡Oh, línea recta! Pura
lanza sin caballero.
¡Como suena tu luz
en mi senda salomónica!*

Lorca no es el andaluz profesional que reprobara Borges, escritor canónico del cristal (Peicovich, 2013). Era, sí, el "maricón andaluz encadenado a la belleza" que denostara Buñuel (Gibson, 2004), incapaz de entender entonces ni la orientación sexual de Lorca ni el fondo del debate intelectual que le arrebató el amor de Dalí. Lorca sabe de lo que habla porque conoce esa belleza no solo por lo que lee sino por lo que crea (Gala, 2003). Y lo clava en su «Oda a Salvador Dalí (García

Lorca, 1953, Castro Lee, 1986). Esa carta de amor es una muestra ejemplar del debate estético en torno a la idea de la geometría del cristal como canon de belleza:

*Amas una materia definida y exacta
donde el hongo no pueda poner su campamento.
Amas la arquitectura que construye en lo ausente
y admities la bandera como una simple broma*

Y Lorca agrega:

*Dice la línea recta su vertical esfuerzo
y los sabios cristales cantan sus geometrías.
Pero inmediatamente reivindica:
Pero también la rosa del jardín donde vives.
¡Siempre la rosa, siempre, norte y sur de nosotros! ...
Rosa del equilibrio sin dolores buscados.
¡Siempre la rosa!*

El debate está marcado tanto por el profundo antagonismo como por el gran respeto intelectual que Lorca y Dalí tenían el uno por el otro. Lorca siempre llevó consigo la obra cubista *Naturaleza Muerta* que el pintor le regaló (Torroella, 1994). Dalí, durante esa aventura amorosa e intelectual, subtituló otra de sus obras cubistas “*Bouquet*” con un generoso y respetuoso “*L’important c’est la rose*” (Fig. 25).

Cuando Lorca viaja a Nueva York en la primavera de 1929 sabía a lo que iba. Fue una elección premeditada:

“Nueva York me parece horrible, pero por eso mismo me voy allí. Creo que lo pasaré muy bien.”

El Lorca que viaja a Nueva York es un joven intelectual con una formación muy sólida, un intelectual comprometido y valiente. Llega a Nueva York sabiendo de geometrías. Viene a conocer la “ciudad-mundo” en la que triunfa la visión deshumanizada del arte que él entiende pero de la que desconfía. Viene a plantarle cara al monstruo (la ciudad-monstruo, la había llamado Juan Ramón Jiménez unos años antes), al icono de la idea que causó el desamor de Dalí. Viene a denunciar esa geometría de las aristas frías que

“suben al cielo sin voluntad de nube ni voluntad de gloria”

y del ángulo recto, de la cuadrícula, de las torres de perfectas aristas, donde él verá a la aurora buscar “*nardos de angustia dibujada*”; torres en las que las ventanas se suceden monótona, tristemente, unas junto a las otras, siempre a –exactamente– la misma distancia, sin remedio, sin dejar un resquicio a la singularidad, a la osadía, a la diferencia, a lo humano. Viene a tomar partido en una lucha que era y que es crucial para el mundo, para el alma del mundo.

En 1929, un atormentado Federico García Lorca paseaba por las calles de Nueva York, el mismo año que lo hacía Le Corbusier, el autor intelectual del movimiento de belleza cristalina que tenía y tendría tanto éxito entre los arquitectos y artistas de la época (McMullan, 1996). Lorca lo hacía sintiéndose (García Lorca, 2015) :

Asesinado por el cielo

por el “skyline” canónicamente cristalino del Nueva York que le angustiaba

Entre las formas que van hacia la sierpe

Y las formas que buscan el cristal

impecable imagen del debate estético

dejaré crecer mis cabellos

Lorca elige el rizo, la curva, la geometría de la naturaleza, de la vida, a pesar del ya anunciado triunfo de la simetría fría de la línea recta. Lo hizo, probablemente porque “no hay amor dentro de los ojos del cristal supremo”, como escribió en “Grito hacia Roma (Desde la Torre del Chrysler Building)” (García Lorca, 2002).

Cuando leo esos versos que abren Poeta en Nueva York, tan bellos, tan sabios y tan valientes, escritos por un poeta de treinta años, me pregunto qué hubiera podido darnos Lorca si nadie hubiera cargado fusiles con el odio a la inteligencia, a la claridad. Imposible saberlo, pero sí sé lo que a él le impidieron conocer. Federico hubiera podido comprobar crédulo, pero desconfiado, cómo la estética del cristal continuó permeando todas las artes a lo largo del siglo XX (Cheetham, 2010, Marchán Fiz, 2008). Hubiera conocido y previsto que de esa estética deshumanizada del orden perfecto acabarían —inevitablemente— apropiándose todos los regímenes totalitarios. La estética del nacional socialismo y del constructivismo soviético. Lo había previsto ya Yevgueni Zamiatin (Zamiatin, 2009) en “Nosotros”, su seminal distopía escrita entre 1920 y 1921: “Con las mejillas encendidas escribo estas palabras. Sí, integraremos esta igualdad, esta ecuación magnífica, que abarca todo el cosmos. Enderezaremos esta

línea torcida, bárbara, convirtiéndola en tangente, en asíntota. Pues la línea del Estado único es la recta. La recta magnífica, sublime, sabia, la más sabia de todas las líneas”.

Él, Lorca, el poeta del orden natural, hubiera recibido con alegría la aparición de la geometría de la naturaleza, la geometría fractal que reta técnicamente al imperio del orden euclidiano. Hubiera conocido a los propios discípulos de Le Corbusier, como Niemeyer, rebelarse contra la dictadura de la recta y a modernos arquitectos, como Toyo Ito, hacerlo contra el corsé artificial de la cuadrícula. Hubiera enseñado a Zaha Hadid, a Frank Gehry y la vanguardia de la arquitectura moderna, a reencontrar las formas de la vida. Hubiera conocido a escritores como Alejo Carpentier preguntarse “si las formas superiores de la emoción estética no consistirán, simplemente, en un supremo entendimiento de lo creado” (Carpentier, 2014). Hubiera comprendido que ese supremo entendimiento es imposible conseguirlo usando la geometría impuesta del cristal. Hubiera llorado al comprobar que el debate que le desenamoró de Dalí no tenía ninguna base científica. Hubiera llegado a ser reconocido como el poeta del orden natural porque hubiera sido el primero en comprender que ambas formas de crear, la del cristal y la de la llama, como las llamara Italo Calvino (Calvino, 2014, Sánchez-Mesa, 2007), están condenadas a fusionarse y que -en palabras del propio Carpentier- “un día, los hombres descubrirán un alfabeto en los ojos de las calcedonias, en los pardos terciopelos de la [mariposa] falena, y entonces se sabrá con asombro que cada caracol manchado era, desde siempre, un poema” (Carpentier, 2014). Y sobre todo, hubiera visto como el descubrimiento de los cuasicristales, de los cristales líquidos, de los polímeros, de las micelas,

vesículas minerales, nos llevó a los propios cristalógrafos, a descubrir que el orden perfecto tridimensional es solo una parte pequeña de cristalografía (Bernal, 1966), a entusiasrnos con John Bernal por las leyes del caos más que con las del orden (Brown, 2005), y a aceptar con Gautam Desiraju que el problema no es definir lo que es un cristal sino definir lo que es el orden (Desiraju, 2003).

En el Museo de Arte Moderno de Nueva York hay un jardín cristalino diseñado -cómo no- por Philip Johnson (Fig. 26). Un canto a la geometría más simple y más fría. En él, frente a él, los responsables de este museo esencial para el triunfo del modernismo han colocado hace tan solo diez años una gran rosa creada por la escultora Isa Genzken. Fue un regalo del comité asesor del propio museo y de Alfred Barr Junior, responsable junto con Johnson de la omnipresente arquitectura geométrica de Nueva York. Es el objeto número 249.2014 del museo. Es solo eso: una gran rosa de 11 metros de altura. Una rosa desafiando la fría geometría de un jardín. Una rosa. Siempre la rosa.

Yo continúo investigando los biomorfos de sílice en mi laboratorio. Ahora, varios laboratorios del mundo también lo hacen, en Florida, Constanza, Harvard, México, París, Camberra, Nueva York, Amsterdam, Yokohama, etc.... En estos años se ha avanzado mucho en el entendimiento de este fascinante fenómeno (Kellermeier, Cölfen, *et al.*, 2012). Se ha demostrado que existe un proceso autocatalítico, un acoplamiento químico entre la precipitación de la sílice y el carbonato (Kellermeier, Melero-García, *et al.*, 2012, Montalti *et al.*, 2017). Se ha encontrado una explicación fenomenológica de la morfogénesis y descubierto un potente mecanismo morfogenético, el rizo, que explica la curvatura de esas formas biológicas (Garcia-Ruiz *et al.*, 2009). Se

están discutiendo el papel de diferentes inestabilidades para explicar la rotura de simetría del frente de crecimiento (Kaplan *et al.*, 2017, Nakouzi & Steinbock, 2016, Knoll *et al.*, 2017, Knoll & Steinbock, 2018). Se ha extendido el fenómeno al carbonato cálcico, lo que abre en la práctica el paso al campo de los materiales avanzados, especialmente porque ahora sabemos controlar la morfología (Zhang *et al.*, 2018, Noorduin *et al.*, 2013). Y se empiezan a encontrar aplicaciones, como guías de luz, precursores de perovskitas (Holtus *et al.*, 2018), o la funcionalización (Opel *et al.*, 2016). También se ha avanzado en técnicas estadísticas para diferenciar biomorfos de microfósiles reales. En el campo de la geoquímica se ha demostrado que los biomorfos se pueden sintetizar con aguas naturales de serpentinización, y también en el interior de rocas félsicas lo que implica que pudieron jugar un papel importante en la Tierra primitiva yerma (García-Ruiz *et al.*, 2017, Satoh *et al.*, 2014).

Cuando compruebo la cada vez más difusa frontera entre esas dos simetrías que enfrentaron al pintor y al poeta, me. apena pensar cuanto dolor se hubiera evitado de haberlo sabido ellos antes. El desamor que sintió Federico no fue solo personal, sino sobre todo intelectual. Salvador no solo le rechaza como amante sino como artista, desprecia su romancero tan alejado de la estética vanguardista que triunfa en Paris, según le insistía en cada carta Buñuel. Tras la separación, Dalí abraza el surrealismo y luego otros estilos y tendencias “Todo me influye; nada me modifica”. Aunque siempre mantuvo un gran interés por la ciencia, incluido el orden cristalino, como muestran sus obras Galatea de las esferas (1952), "La desintegración de la persistencia de la memoria (1952-1954)" o Dalí desnudo, fascinado en la

contemplación de cinco sólidos regulares metamorfoseado..." (1954) (Fig. 27). García Lorca, un intelectual valiente y de enorme solidez, se resistió a caer en el sueño del surrealismo, una vía de escape para él "poco diáfana": "lo que estoy creando tiene "una tremenda lógica poética. Pero no es surrealismo, ¡jojo!", le escribe a Sebastia Gasch. Fue asesinado a la edad de treinta y ocho años por desalmados fascistas, truncándose así la vida y la obra de uno de los poetas españoles llamados a ser más universales. Un debate intelectual como el que mantuvieron esos dos genios es de los que te dejan marcado. Tanto, que Salvador Dalí intentó borrar las huellas que quedaban de él en algún momento de su vida. Pero deben ser esos amores los que uno recuerda a la hora de la muerte: Dicen que en sus últimos días, solo se oyó a Dalí balbucear una única frase: "El meu amic Federico".

BIBLIOGRAFIA

- Amorós, J. L. (1978). *La gran aventura del cristal: naturaleza y evolución de la ciencia de los cristales*. Madrid: Editorial Complutense.
- Bednarik, R. G. (1992). *Cambridge Archaeological Journal* **2**, 27-43.
- Bednarik, R. G. (1993). *The Artefact* **16**, 61.
- Bednarik, R. G. (1994). *Journal of World Prehistory* **8**, 351-375.
- Bednarik, R. G. (2003). *Rock Art Research* **20**, 89–135.
- Bednarik, R. G. (2011). *The Human Condition*, pp. 57-90: Springer.
- Bernal, J. D. (1966). *Principles of Molecular Organization*. Boston: Little Brown and Co.
- Bittarello, E., Roberto Massaro, F. & Aquilano, D. (2010). *Journal of Crystal Growth* **312**, 402-412.
- Brosterman, N. (1997). *Inventing Kindergarten*. New York: Harry N. Abrams.

- Brosterman, N. (2002). Fröbel and the Gifts of Kindergarten: Cabinet, nº9 Childhood Winter.
- Brown, A. (2005). *JD Bernal: the sage of science*. Oxford: Oxford University Press.
- Burke, J. G. (1966). *Origins of the Science of Crystals*. Berkeley and Los Angeles: University of California Press.
- Calvino, I. (2014). *Seis propuestas para el próximo milenio*. Madrid: Editorial Siruela.
- Carnerup, A., Christy, A., Garcia-Ruiz, J., Hyde, S. & Larsson, A.-K. (2006). *Life as We Know It*, edited by J. Seckbach, pp. 237-258: Springer.
- Carpentier, A. (2014). *Los pasos perdidos*. Madrid: Alianza Editorial.
- Castro Lee, C. (1986). *Anales de la literatura española contemporánea*, 61-78.
- Cheetham, M. A. (2010). *Leonardo* **43**, 250-255.
- Clarke, A. (1968). *Arthur C. Clarke - 2001 Una odisea espacial*. Ediciones Orbis.
- Cohen, J.-L. (1987). *Le Corbusier et la mystique de l'URSS: théories et projets pour Moscou, 1928-1936*. Editions Mardaga.
- d'Ozenfant, A. & Jeanneret, C. E. (juillet 1924). *L'Esprit Nouveau* **25**.
- d'Errico, F., Gaillard, C. & Misra, V. (1989). *Hominidae. Proceedings of the 2nd International Congress of Human Paleontology*, pp. 237-239.
- Daix, P. (1998). *Pour une histoire culturelle de l'art moderne: Le XX siècle*. Odile Jacob.
- Dalí, S. (2013). *The secret life of Salvador Dali*. Courier Corporation.
- Dalí, S., Lorca, F. G., Fernández, V. & Torroella, R. S. (2013). *Querido Salvador, querido Lorquito: epistolario 1925-1936*. Madrid: Elba.
- De Castro Pita, M. E. (2012). thesis, Universidade de Sao Paulo, Sao Paulo.

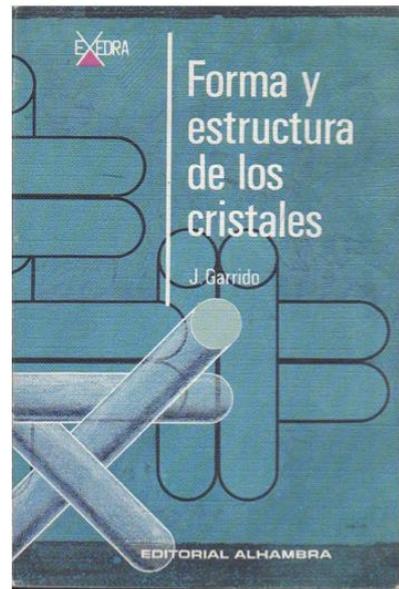
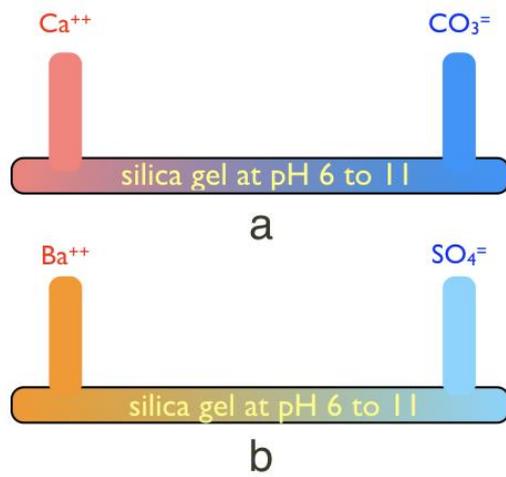
- Desiraju, G. R. (2003). *Nature* **423**, 485.
- Döerr, E. (2007). *Rudolf Laban The Dancer of the Crystal*. New York: The Scarecrow, Inc.
- Escher, M. C. (2000). *MC Escher: the graphic work*. Taschen.
- Escudero, V. (1947). *Mi baile*. Barcelona: Ed. Montaner y Simón.
- Fernández, V. & Sánchez Torroella, R. (2013). *Querido Salvador, Querido Lorquito. Epistolario (1925-1936)*. Barcelona: Elba.
- Froebel, F. (1885). *The education of man*. A. Lovell & Company.
- Gala, C. (2003). *Bulletin of Hispanic Studies* **80**, 509-524.
- Ganivet, A. (1896). *Granada la Bella*. Helsinki: J.C. Frenckell and Son.
- García Lorca, F. (1953). *Obras completas XIV edición ed*. Madrid: Editorial Aguilar.
- García Lorca, F. (2002). *Poeta en Nueva York*. London: Penguin.
- García Lorca, F. (2015). *Poeta en Nueva York*. Barcelona: Galaxia Gutenberg.
- García-Ruiz, J. M. (2018). *Substantia* **2**, 19-25.
- García-Ruiz, J. M., Carnerup, A., Christy, A. G., Welham, N. J. & Hyde, S. T. (2002). *Astrobiology* **2**, 353-369.
- García-Ruiz, J. M., Hyde, S. T., Carnerup, A. M., Christy, A. G., Van Kranendonk, M. J. & Welham, N. J. (2003). *Science* **302**, 1194-1197.
- García-Ruiz, J. M., Melero-García, E. & Hyde, S. T. (2009). *Science* **323**, 362-365.
- García-Ruiz, J. M., Nakouzi, E., Kotopoulou, E., Tamborrino, L. & Steinbock, O. (2017). *Science advances* **3**, e1602285.
- Gargaud, M., López, P. and Martin, H. (2011). *Origin and Evolution of Life*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Garrido, J. (1973). *Forma y estructura de los cristales*. Madrid: Editorial Alhambra.

- Gibson, I. (2004). *Lorca-Dalí. El amor que no pudo ser*. Barcelona: Debolsillo.
- Gibson, I. (2019). *Dalí joven, Dalí genial*. Barcelona: B de Bolsillo.
- Ginsberg, J. (1985). *Ángel Ganivet*. London: Tamesis Books.
- Haeckel, E. (1917). *Kristallseelen*. Leipzig: Perfect Paperback, .
- Harrod, J. (2014). *Arts*, pp. 135-155. Multidisciplinary Digital Publishing Institute.
- Holtus, T., Helmbrecht, L., Hendrikse, H. C., Baglai, I., Meuret, S., Adhyaksa, G. W., Garnett, E. C. & Noorduin, W. L. (2018). *Nature chemistry* **10**, 740.
- Hoover, H. C. & Hoover, L. H. (1950). *Georgius Agricola De Re Metallica*. New York: Dover Publications.
- Hyde, S. T., Carnerup, A. M., Larsson, A. K., Christy, A. G. & Garcia-Ruiz, J. M. (2004). *Physica a-Statistical Mechanics and Its Applications* **339**, 24-33.
- Javaux, E. J. (2019). *Nature* **572**, 451-460.
- Kahr, B. (2004). *Crystal Growth and Design* **4**, 3-9.
- Kahr, B. (2015). *Crystal Growth & Design* **15**, 4715-4730.
- Kaplan, C. N., Noorduin, W. L., Li, L., Sadza, R., Folkertsma, L., Aizenberg, J. & Mahadevan, L. (2017). *Science* **355**, 1395-1399.
- Kellermeier, M., Cölfen, H. & García-Ruiz, J. M. (2012). *European Journal of Inorganic Chemistry* **2012**, 5123-5144.
- Kellermeier, M., Melero-García, E., Kunz, W. & García-Ruiz, J. M. (2012). *Journal of colloid and interface science* **380**, 1-7.
- Knoll, A. (2003). *Life on a Young planet*. Princeton: Princeton University Press.
- Knoll, P., Nakouzi, E. & Steinbock, O. (2017). *The Journal of Physical Chemistry C* **121**, 26133-26138.
- Knoll, P. & Steinbock, O. (2018). *Israel Journal of Chemistry* **58**, 682-692.

- Kubrick, S. & Clarke, A. C. (1968). *2001: A space odyssey*, USA: Metro-Goldwyn-Meyer.
- Lopez-Garcia, P., Moreira, D., Douzery, E., Forterre, P., Van Zuilen, M., Claeys, P. & Prieur, D. (2006). *Earth Moon and Planets* **98**, 247-290.
- Mandelbrot, B. B. (1982). *The fractal geometry of nature*. W.H.Freeman.
- Marchán Fiz, S. (2008). *La metáfora del cristal en las artes y la arquitectura*. Madrid: Siruela.
- McCauley, J. W. & Roy, R. (1974). *American Mineralogist* **59**, 947-963.
- McManus, I. C. (2005). *European Reviews* **13**, 157-180.
- McMullan, T. (1996). *Bulletin of Hispanic Studies* **73**, 65-79.
- Metzger, H. (1918). *La genèse de la science des cristaux*. F. Alcan.
- Montalti, M., Zhang, G., Genovese, D., Morales, J., Kellermeier, M. & García-Ruiz, J. M. (2017). *Nature communications* **8**, 14427.
- Nakouzi, E. & Steinbock, O. (2016). *Science Advances* **2** : e1601144.
- Navarro, J. L. (2012). *Vicente Escudero. Un bailaor cubista*. Sevilla: Libros con Duende.
- Noorduyn, W. L., Grinthal, A., Mahadevan, L. & Aizenberg, J. (2013). *Science* **340**, 832-837.
- Ollivier, B., Zeyen, N., Gales, G., Hickman-Lewis, K., Gaboyer, F., Benzerara, K. & Westall, F. (2018). *Prokaryotes and Evolution*, pp. 57-129: Springer.
- Opel, J., Brunner, J., Zimmermanns, R., Steegmans, T., Sturm, E., Kellermeier, M., Cölfen, H. & García-Ruiz, J. M. (2019). *Advanced Functional Materials* **29**, 1902047.
- Opel, J., Wimmer, F. P., Kellermeier, M. & Cölfen, H. (2016). *Nanoscale Horizons* **1**, 144-149.
- Peicovich, E. (2013). *Borges, el palabrasta*. Alacena Roja.
- Pérez, K. S. & Moreno, A. (2019). *Crystals* **9**, 67.

- Pérez-Villanueva Tovar, I. (2011). *La Residencia de Estudiantes 1910-1936: Grupo Universitario y Residencia de Señoritas*. Madrid: Publicaciones de la Residencia de Estudiantes.
- Provenzo Jr, E. (2009). *American Journal of Play* **2**, 85-99.
- Raquejo, T. (1990). *Anales de Historia del Arte* **2**, 193-207.
- Richardson, L. F., Ashford, O. M. & Drazin, P. G. (2009). *Collected Papers of Lewis Fry Richardson: Meteorology and Numerical Analysis*. Cambridge University Press.
- Robles-Egea, A. (1997). *Revista de Filología Hispánica* **13**, 201-221.
- Rubin, J. S. (2002). *Intimate Triangle: Architecture of Crystals, Frank Lloyd Wright and the Froebel Kindergarten*. . Huntsville, Alabama: Polycrystal Book Service.
- Sánchez-Mesa, D. (2007). *Cambio de siglo: Antología de la poesía española 1990-2007*. Madrid: Hiperión.
- Sand, G. (1998). *Viaje a través del cristal*. Buenos Aires: NEED.
- Satoh, H., Tsukamoto, K. & Garcia-Ruiz, J. M. (2014). *European Journal of Mineralogy* **26**, 415-426.
- Scheerbart, P. (1998). *La arquitectura de cristal*. Madrid: Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos.
- Schopf, J. W. (1993). *Science* **260**, 640-646.
- Schwabe, C. (2010). *Bridge* **2010**, 271-278.
- Schwam, S. (2000). *The Making of 2001: A Space Odyssey*. New York: Modern Library.
- Spies, W. (1971). *Victor Vasarely*. DuMont Schauberg.
- Steno, N. (2002). *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* **10**, 243-283.
- Terada, T., Yamabi, S. & Imai, H. (2003). *Journal of Crystal Growth* **253**, 435-444.
- Theophrastus (1956). *On stones*. The Ohio State University.

- Tischhauser, A. & Santomaso, E. (1980). *W. Hablik, Designer, Utopian, Architect, Expressionist, Artist, 1881–1934*. London: Architectural Association Publications.
- Torroella, R. S. (1994). *Dalí: época de Madrid: catálogo razonado*. Editorial CSIC-CSIC Press.
- Vicovanu, I. R. (2009). thesis, John Hopkins University. .
- Welter, V. M. (2002). *Biopolis: Patrick Geddes and the city of life*. mit Press.
- Wenzhong, P. (1931). *Acta Geologica Sinica (English Edition)* **11**.
- Weyl, H. (1952). *Symmetry*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Worringer, W. (1907). thesis, Heuser.
- Worringer, W. (2015). *Abstracción y naturaleza: una contribución a la psicología del estilo*. Fondo de cultura económica.
- Zamiatin, E. I. (2009). *Nosotros*. Ediciones Akal.
- Zhang, G., Verdugo-Escamilla, C., Choquesillo-Lazarte, D. & García-Ruiz, J. M. (2018). *Nature communications* **9**, 5221.



C

Figura 1: a) El experimento de cristalización de carbonato cálcico publicado por McCauley and Roy (Am. Mineral. 1974); b) Mi experimento para emular las conchas de sulfato de bario de los acantáridos (1978); c) portada del libro “Forma y estructura de los cristales” de Julio Garrido.

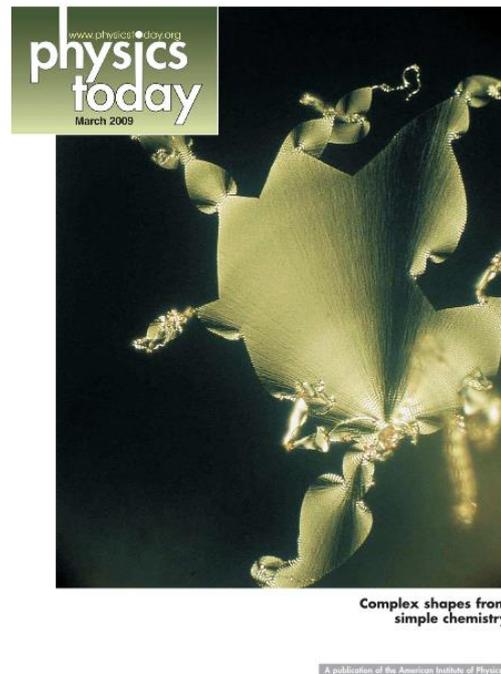
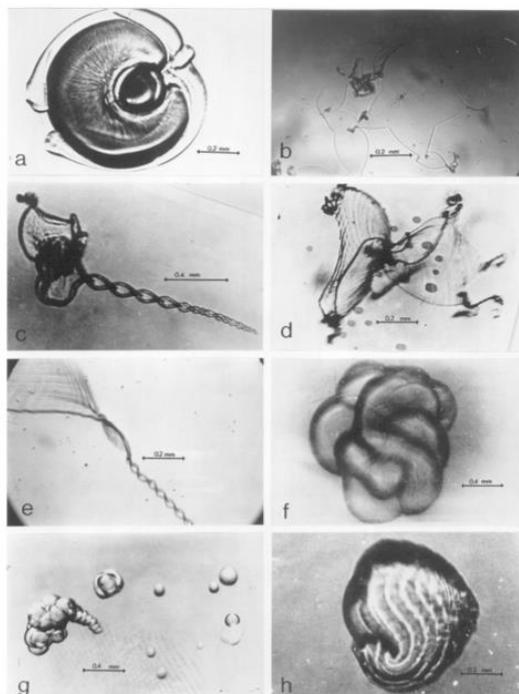


Figura 2: Izquierda: Micrografías ópticas de biomorfos de carbonato de bario y sílice publicados en el Bulletin Mineralogique 104 (1981) 107; Derecha: Microfotografía de biomorfo de sílice carbonato con nicoles cruzados.

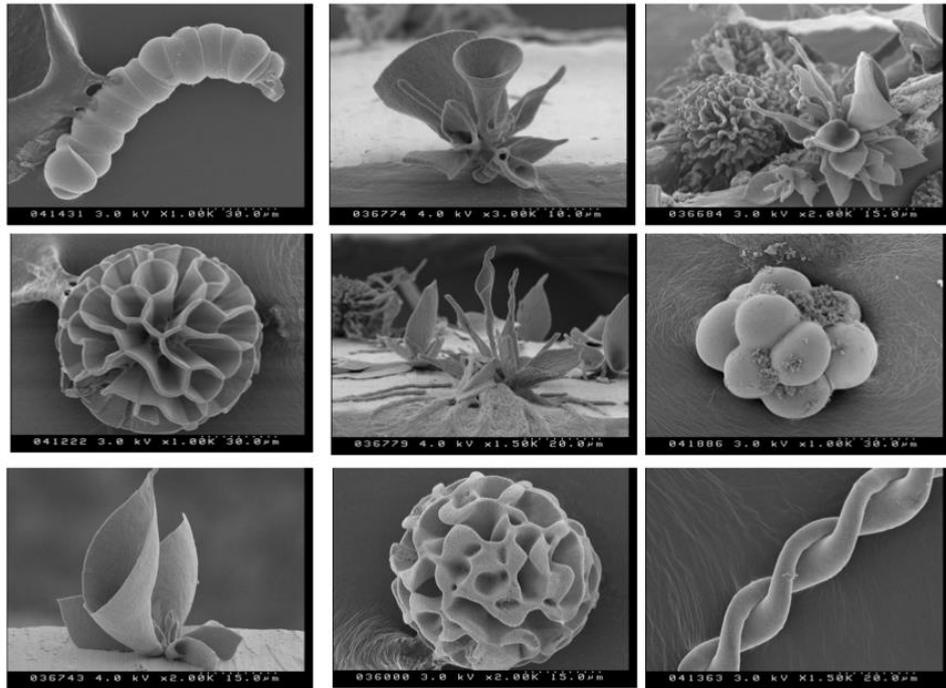


Figura 3: Imágenes de microscopia electronica de barrido de biomorfos de silice (Laboratorio de Estudios Cristalográficos).

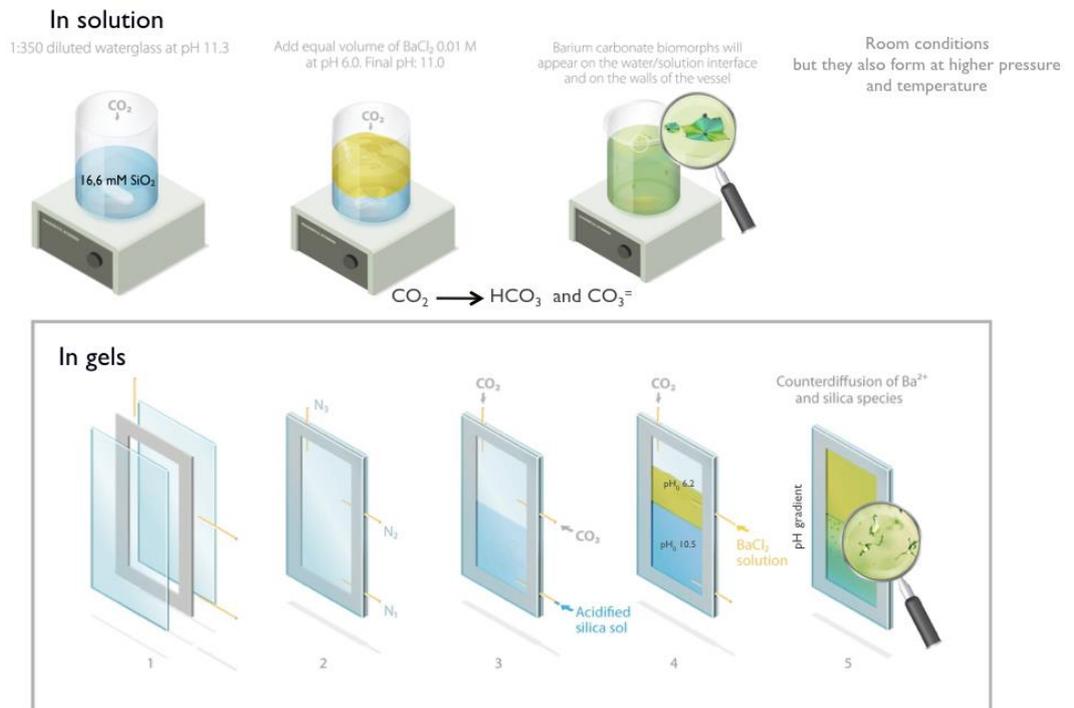


Figura 4: Síntesis de biomorfos de silice y carbonato. Arriba, preparación a partir de disoluciones y abajo a partir de geles.

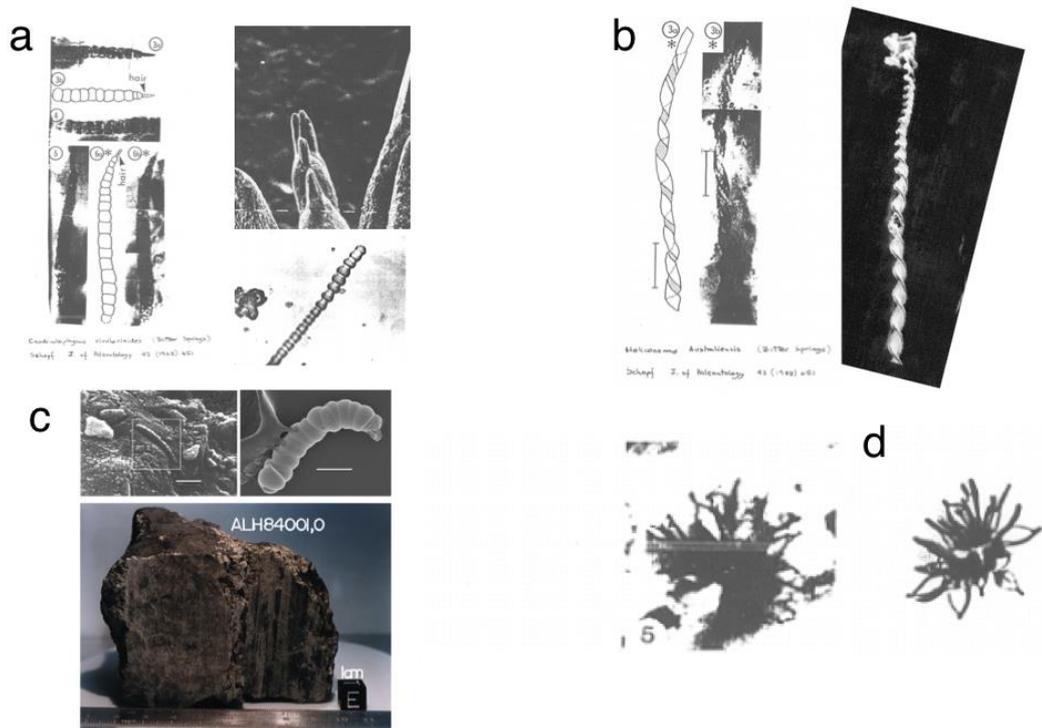
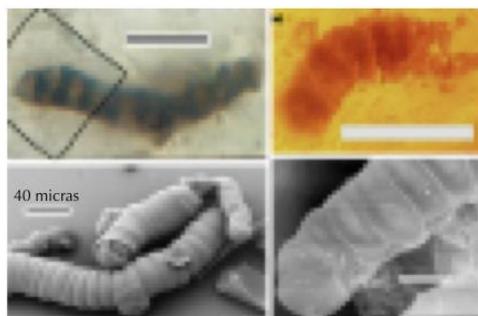
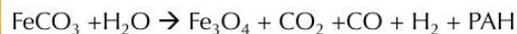


Figura 5: Convergencia morfológica de biomorfos de sílice y carbonato de bario con primeros restos de vida sobre la Tierra. a) ; b) *Heliconema australiensis*, J. Paleontology 42 (1968) 651; c); arriba a la izquierda: "microfossil" en el meteorito ALH84001 (abajo); arriba a la derecha biomorfo de sílice carbonato: d) *Eoastrium barghoon*, Origin of life 7 (1976) 417.

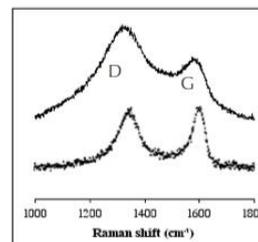
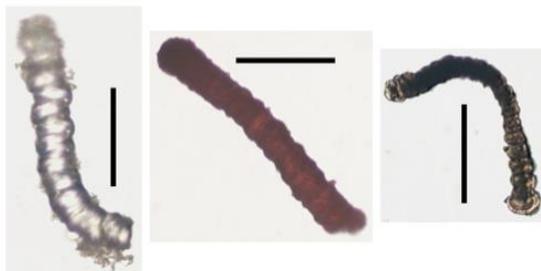
LA MORFOLOGÍA NO CONTIENE INFORMACIÓN GENÉTICA INEQUÍVOCA



Cuando se calienta la siderita a 300 °C se forman hidrocarburos aromáticos simples (McCullom & Seewald, *Geochem & Cosmoch. Acta*, 67 (2003) 216)



Se adsorbieron mezclas de fenol-formaldehído en biomorfos de sílice. Tras calentar a 350 °C se forma kerógeno. Este kerógeno tiene el mismo espectro Raman que los obtenidos a partir de estructuras consideradas los microfósiles más antiguos encontrados en la Tierra.



Highly disordered carbonaceous material

Figura 6: Ni la morfología ni la composición química se pueden utilizar como herramientas inequívocas para la detección de vida. Extraído de García-Ruiz et al., *Science* 302 (2003) 1194.

La simetría de las formas naturales

Pensamiento clásico

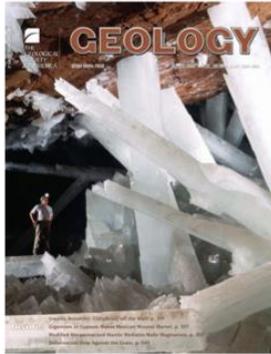
El mundo del cristal

Simetría inorgánica

Poliedros, caras planas, ángulos constantes, simetrías prohibidas

$$32 G^3_0 \subset K$$

$$A_i \gamma_i = \text{mínimo}$$



El mundo de la vida

Simetría orgánica

Formas sinuosas, curvatura continua, Simetrías casi ilimitadas

$$\infty G^3_0 \not\subset K$$

$$A_i \gamma_i > \text{mínimo}$$

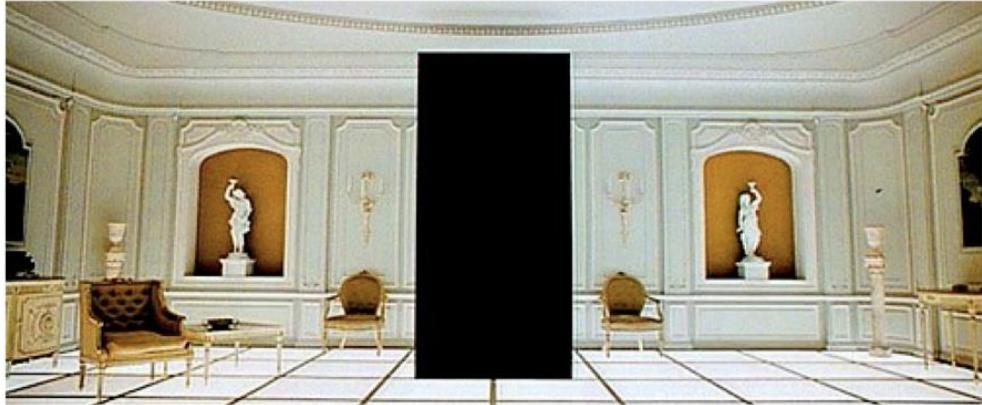


Figura 7: La creencia en una frontera entre el mundo de la biología y la sensualidad y el mundo de los minerales y la fría racionalidad ha impregnado el paisaje de las artes y la filosofía durante siglos. Los cristales y las teorías cristalográficas han jugado un papel importante en la construcción intelectual de ese supuesto límite.



Figura 8: Recreación de encuentro de los homínidos con los cristales de cuarzo. Insertado, seis cristales de cuarzo completos de distintos afloramientos con una edad mayor de 390,000 años (Benarik, 1994).

¿Está nuestro cerebro diseñado para preferir el orden, es decir, nos fascinan los cristales, porque fueron los primeros objetos que se coleccionaron?



O, ¿coleccionamos cristales hace casi un millón de años porque nuestro cerebro ya estaba diseñado para preferir el orden?

Figura 9: El monolito de cristal en una escena de 2001: una odisea del espacio (1968), una película de Stanley Kubrick basada en una novela escrita por Arthur Clarke.

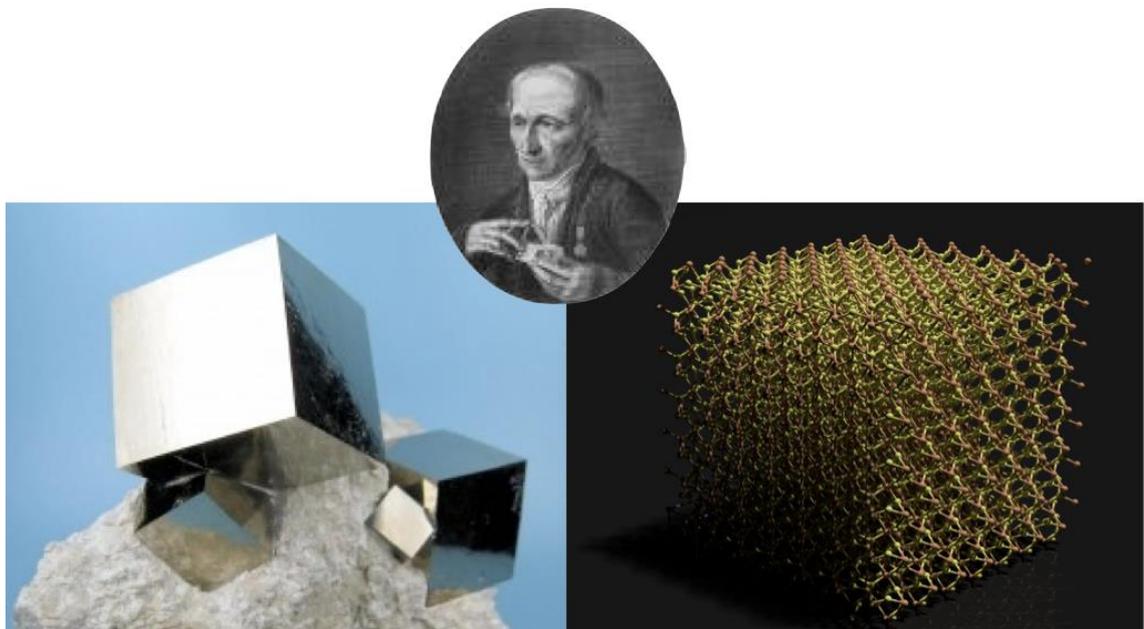


Figura 10: La idea de René Hauy, de que las formas poliédricas de los cristales son el resultado de un orden molecular interno, tuvo un inevitable eco en la filosofía y el arte. Detrás del supuesto caos del mundo natural existía un orden perfecto que lo hacía comprensible y manejable.

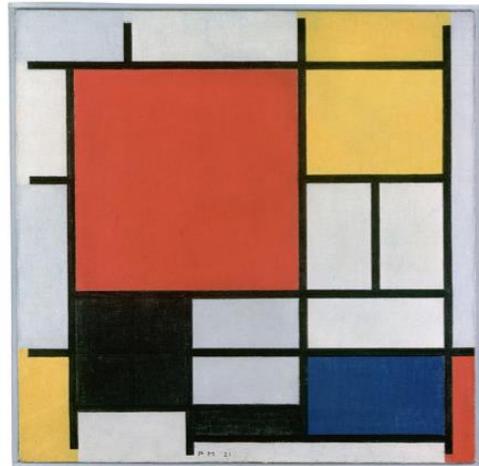


Figura 11: Izquierda: Arlequín, Pablo Picasso, 1915; Derecha: Composition en rouge, jaune, bleu et noir. Piet Mondrian, 1921

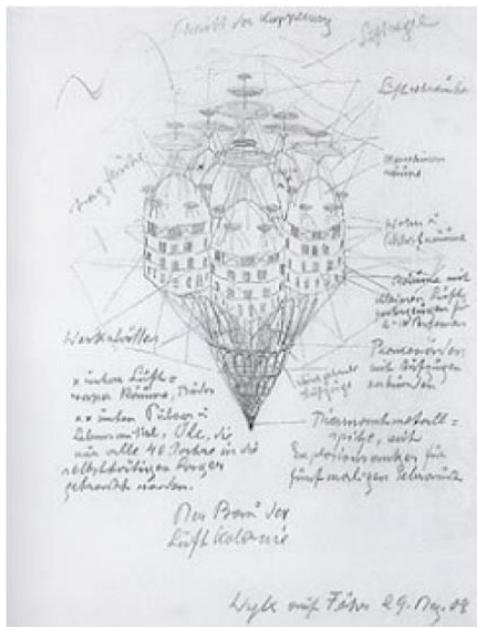


Figura 12: Structure of a Colony Floating in the Air, grabados correspondiente al portafolio "Fuerzas creativas" (Schaffende Kräfte) publicado en 1909 por Werner Hablik, que es básicamente un viaje a través del universo imaginario de las estructuras cristalinas.



Figura 13: La Casa Farnsworth (1946-1951) de Mies van der Rohe.



Figura 14: La Casa de Cristal (1949) de Philip Johnson



Figura 15: La casa de la cascada de Frank Lloyd Wright (1937)

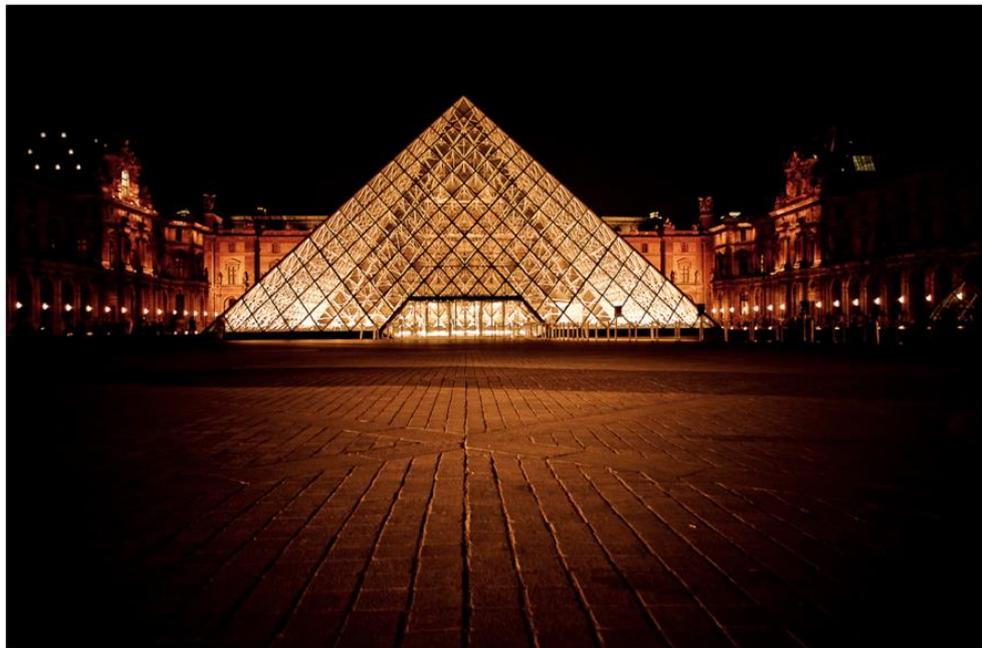


Figura 16: Pirámide del Louvre por Ieoh Ming Pei (1989)



Figura 17: Royal Ontario Museum de Daniel Libeskind. Proyecto Michael Lee-Chin Cristal (2003-2007).



Figura 18: Izquierda, arriba: "The Crystal" de Wilkinson Eyre Architects; Izquierda, abajo: The Crystal Cathedral, Philip Johnson, California, 1980); Derecha: the Kinémax (Poitiers, 1984) de Denis Laming



Figura 19: Puerta de Europa, Madrid, Philip Johnson y John Burgee (1989-1996)

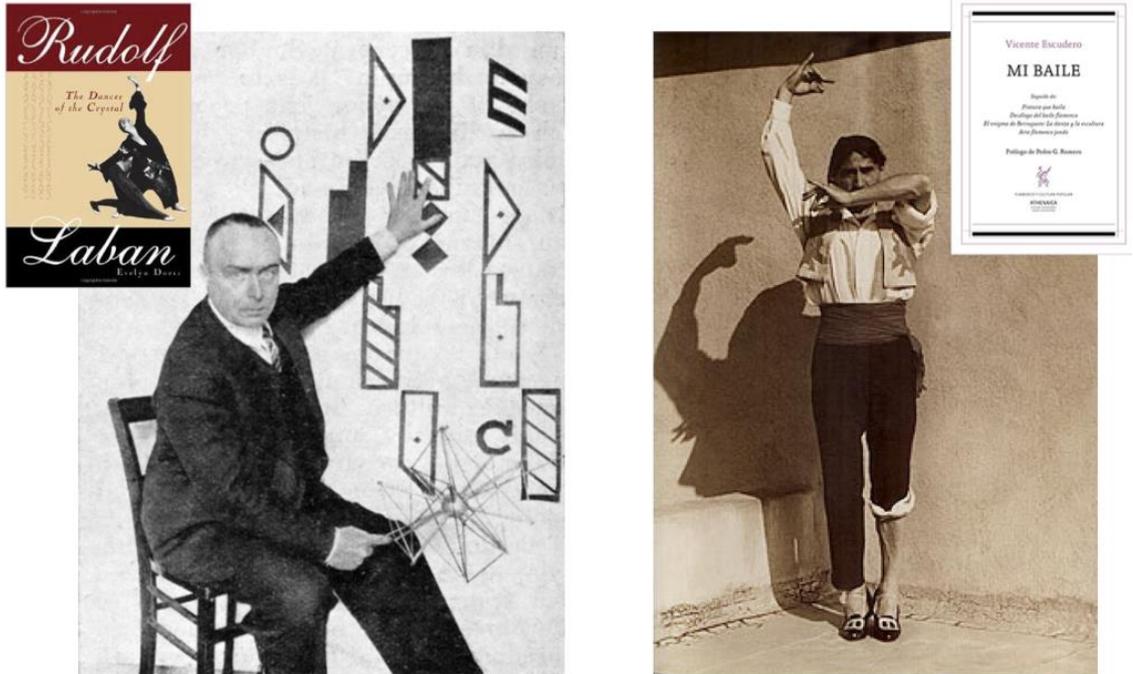


Figura 20: A la izquierda: Rudolf von Laban, el bailarín del cristal, con portada del libro del mismo título. A la derecha, Vicente Escudero, bailarín flamenco. Fotografía de Edward Weston, 1935.

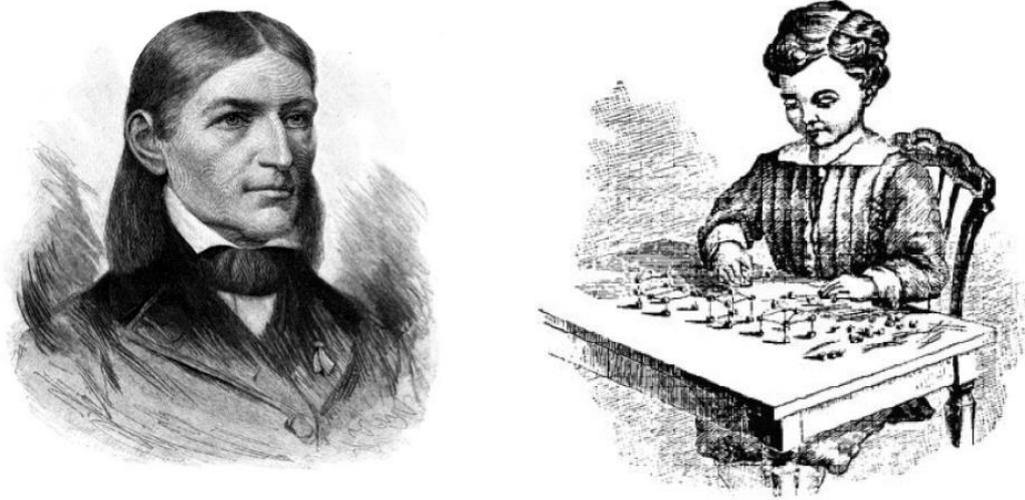


Figura 21: Izquierda: Friedrich Froebel. Grabado del siglo XIX por T. Johnson. Derecha: El kit n° 19. Ilustración de Mrs. John Krause-Boelte "Characteristics of Froebel's Method Addresses and Proceedings of the National Educational Association (1976)

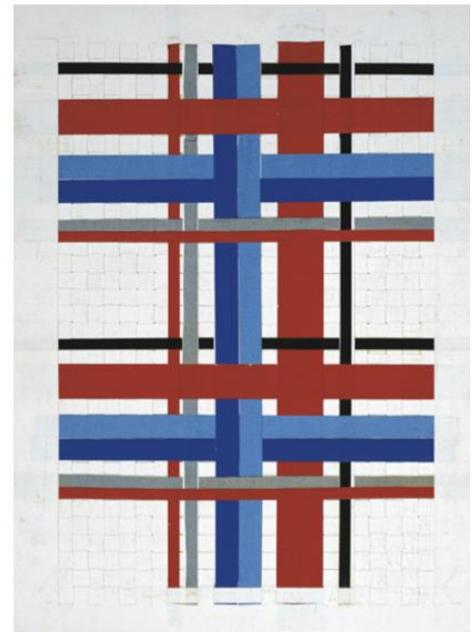
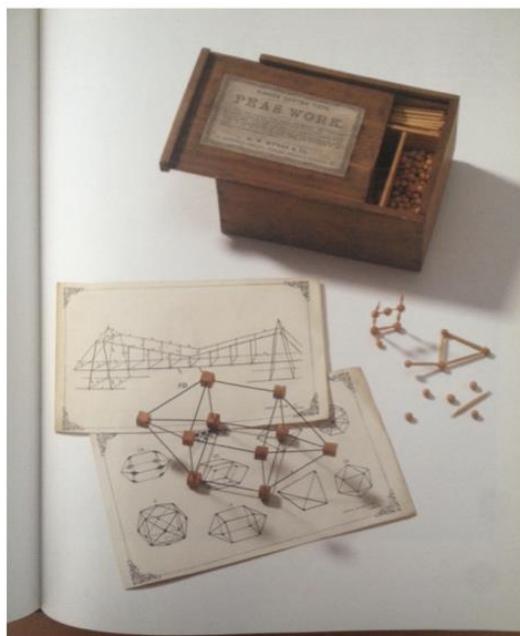


Figura 22: Izquierda: Kit n° 19 (Bart Kahr, Crystal Growth & Design 4 (2004) 9). Derecha: Trabajo anónimo realizado con el kit n° 14. Foto Zindman/Freemont (1890), publicada por Norman Bosterman en el Cabinet Magazine, 9, winter 2002-2003.



Residencia de Estudiantes

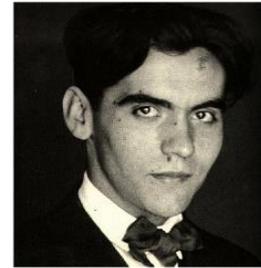


Figura 23: Arriba, la Residencia de Estudiantes de Madrid de la Institución Libre de Enseñanza. Abajo izda. Salvador Dalí por Roger Higgins; dcha Federico. García-Lorca por Rogelio Robles.



VERS LE CRISTAL

C'est un fait acquis que le mouvement de ralliement enthousiaste autour de la conception d'un art à très hautes intentions, art qui se proposait de résoudre suivant les besoins de l'époque et la caractéristique de son esprit, les problèmes particuliers de la plastique, a saisi aujourd'hui un arrêt à peu près total; l'on assiste à la défection de quelques cubistes authentiques et à l'envolée de la totalité de leurs élèves.

On put alors compter ceux qui avaient touché au problème pur et l'avaient réalisé en partie, et ceux qui avaient cru trouver, dans l'application de formules issues d'œuvres qu'ils avaient admises à juste titre, le clavier d'expression qu'ils n'avaient su inventer et qui leur donnait l'illusion d'accomplir d'une émotion sincère et personnelle; fatale confusion entre technique et expression, piano et création.

Beaucoup restaient impressionnistes sans s'en rendre compte, de formation, d'habitude et de cœur, et leur désastre final vint de ce qu'ils cherchaient à exprimer, dans la langue que l'on peut presque dire hiératique du vrai cubisme, des émotions d'un ordre auquel le cubisme n'est pas propre. La langue de la plus belle époque, celle de 1908 à 1912, est simple et directe; elle convient à exprimer des émotions élevées; on a voulu la faire servir à toutes fins; elle n'a pu rendre le son qu'on en attendait. On crut alors l'enrichir de moyens impressionnistes; on ne fit que l'altérer. Même aventure arriverait à un conteur galant qui voudrait se servir de la langue du Pentateuque.

L'œuvre n'est jamais que l'état de concordance d'une pensée et de moyens; la pensée est première et elle détermine ses moyens d'expression. Le phénomène contraire qui s'est produit ne pouvait



Figura 24: Arriba, Villa Savoye de Le Corbusier; Abajo: El Pabellón de la revista L'Esprit Nouveau en la Expo de Paris. Derecha: Portada del nº 1 y primera página del artículo "Hacia el cristal" de A. Ozenfant y Le Corbusier publicado en 1923.



VERS LE CRISTAL

C'est un fait acquis que le mouvement de ralliement enthousiaste autour de la conception d'un art à très hautes intentions, art qui se proposait de résoudre suivant les besoins de l'époque et la caractéristique de son esprit, les problèmes particuliers de la plastique, a subi aujourd'hui un arrêt à peu près total; l'on assiste à la défection de quelques cubistes authentiques et à l'envoie de la totalité de leurs élèves.

On put alors compter ceux qui avaient touché au problème pur et l'avaient réalisé en partie, et ceux qui avaient cru trouver, dans l'application de formules issues d'œuvres qu'ils avaient admirées à juste titre, le clavier d'expression qu'ils n'avaient su inventer et qui leur donnait l'illusion d'accomplir d'une émotion sincère et personnelle; fatale confusion entre technique et expression, piano et création.

Beaucoup restaient impressionnistes sans s'en rendre compte, de formation, d'habitude et de cœur, et leur désastre final vint de ce qu'ils cherchèrent à exprimer, dans la langue que l'on peut presque dire hiératique du vrai cubisme, des émotions d'un ordre auquel le cubisme n'est pas propre. La langue de la plus belle époque, celle de 1908 à 1912, est simple et directe; elle convient à exprimer des émotions élevées; on a voulu la faire servir à toutes fins; elle n'a pu rendre le son qu'on en attendait. On crut alors l'enrichir de moyens impressionnistes; on ne fit que l'altérer. Même aventure arriverait à un conteur galant qui voudrait se servir de la langue du Pentateuque.

L'œuvre n'est jamais que l'état de concordance d'une pensée et de moyens; la pensée est première et elle détermine ses moyens d'expression. Le phénomène contraire qui s'est produit ne pouvait



Figura 24: Arriba, Villa Savoye de Le Corbusier; Abajo: El Pabellón de la revista L'Esprit Nouveau en la Expo de Paris. Derecha: Portada del n° 1 y primera página del artículo "Hacia el cristal" de A. Ozenfant y Le Corbusier publicado en 1923.



VERS LE CRISTAL

C'est un fait acquis que le mouvement de ralliement enthousiaste autour de la conception d'un art à très hautes intentions, art qui se proposait de résoudre suivant les besoins de l'époque et la caractéristique de son esprit, les problèmes particuliers de la plastique, a subi aujourd'hui un arrêt à peu près total; l'on assiste à la défection de quelques cubistes authentiques et à l'envoie de la totalité de leurs élèves.

On put alors compter ceux qui avaient touché au problème pur et l'avaient réalisé en partie, et ceux qui avaient cru trouver, dans l'application de formules issues d'œuvres qu'ils avaient admirées à juste titre, le clavier d'expression qu'ils n'avaient su inventer et qui leur donnait l'illusion d'accomplir d'une émotion sincère et personnelle; fatale confusion entre technique et expression, piano et création.

Beaucoup restaient impressionnistes sans s'en rendre compte, de formation, d'habitude et de cœur, et leur désastre final vint de ce qu'ils cherchèrent à exprimer, dans la langue que l'on peut presque dire hiératique du vrai cubisme, des émotions d'un ordre auquel le cubisme n'est pas propre. La langue de la plus belle époque, celle de 1908 à 1912, est simple et directe; elle convient à exprimer des émotions élevées; on a voulu la faire servir à toutes fins; elle n'a pu rendre le son qu'on en attendait. On crut alors l'enrichir de moyens impressionnistes; on ne fit que l'altérer. Même aventure arriverait à un conteur galant qui voudrait se servir de la langue du Pentateuque.

L'œuvre n'est jamais que l'état de concordance d'une pensée et de moyens; la pensée est première et elle détermine ses moyens d'expression. Le phénomène contraire qui s'est produit ne pouvait



Figura 24: Arriba, Villa Savoye de Le Corbusier; Abajo: El Pabellón de la revista L'Esprit Nouveau en la Expo de Paris. Derecha: Portada del n° 1 y primera página del artículo "Hacia el cristal" de A. Ozenfant y Le Corbusier publicado en 1923.



Figura 25: A la izquierda, Ram de flors Bouquet (L'important c'est la rose) de Salvador Dalí, 1924. A la derecha, García Lorca en su habitación de la Residencia de estudiantes con la "Naturaleza muerta" (la botella de ron) regalo de Salvador Dalí, 1924, Fundación Federico Garcia Lorca.



Figura 26: La rosa de Isa Genzken frente al jardín cristalino de Phillip. MOMA, New York.

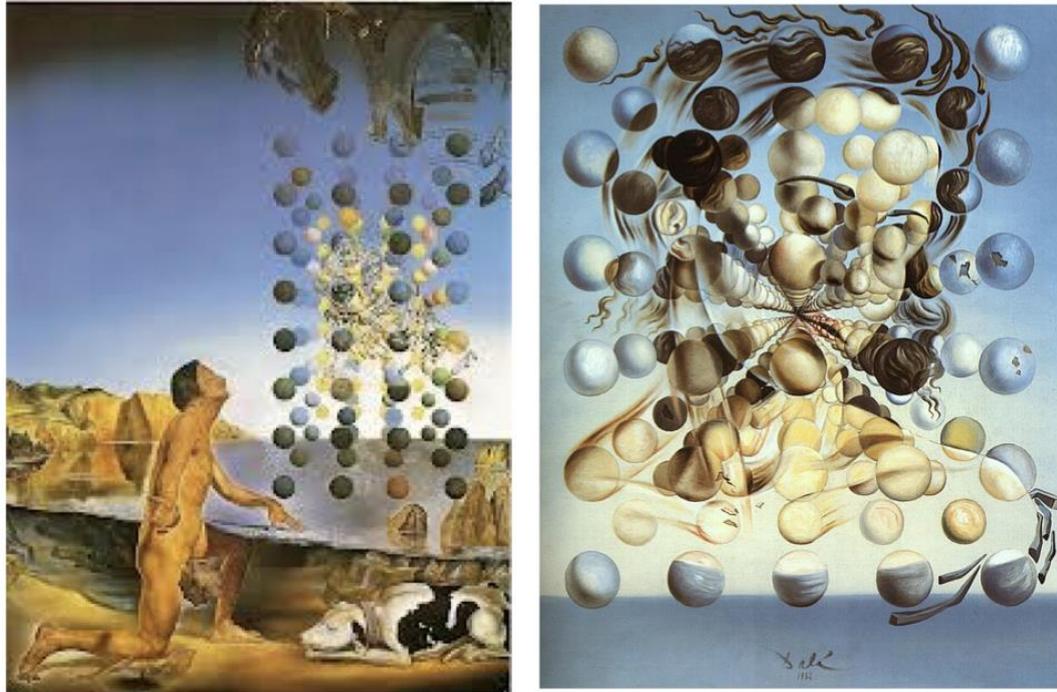


Figura 27: A la izquierda, Dalí desnudo contemplando extasiado cinco sólidos regulares... Salvador Dalí, 1954. A la derecha Galatea de las Esferas, Salvador Dalí, 1952.

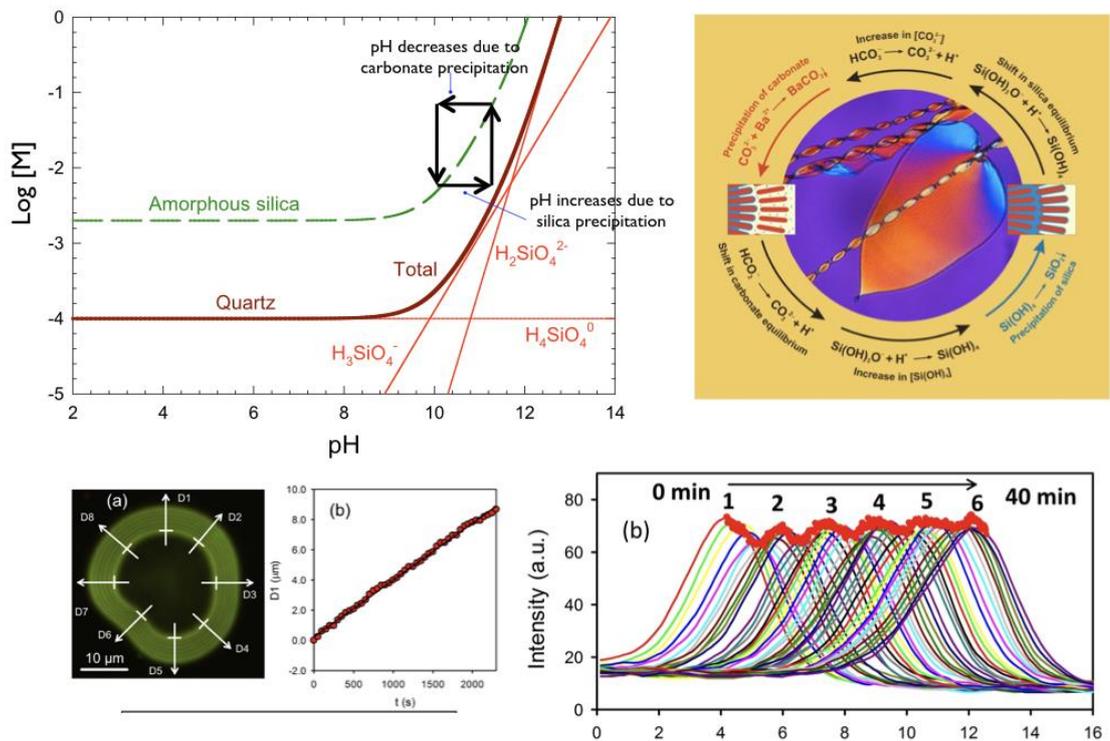
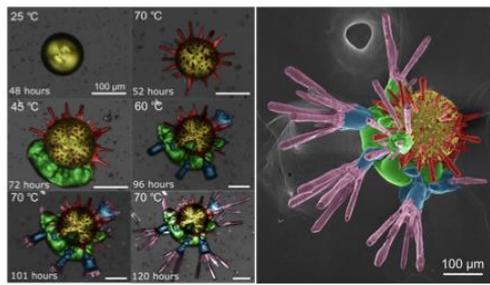


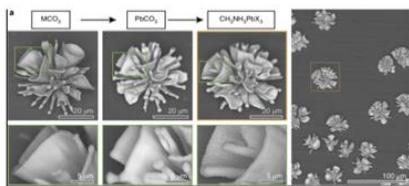
Figura 28: Comportamiento oscilatorio autoorganizado del valor del pH en el frente de crecimiento de los biomorfos de sílice. J.M. Garcia-Ruiz, et al., Science 323 (2009) 362; Montalti et al., Nature Comm. 2017, | 8:14427.



Thermal Assisted self-assembly of calcium carbonate

Different temperatures lead to different textures and morphologies so, we can make now tailored structures.

Gan Zhang & García-Ruiz, *Nature Comm*, 2018



Shape preserving perovskites

T. Holthus, et al., *Nature Chem.* 2018, DOI: 10.1038/s41557-018-0064-1.



Shaping optical microstructures with light-guiding capabilities

Kaplan, C.N. et al. *Science* 2017, 355, 1395-1399.
 Noorduin, W.L. et al. *Science* 2013, 340, 832-837.

Figura 29: Recientes trabajos mostrando el control del crecimiento y la forma de los biomorfos.

**Contestación al discurso de Ingreso en la Academia de Ciencias
Matemáticas, Físico-Químicas y Naturales de Granada del
Ilmo. Sr. D. Juan Manuel García Ruiz**

Ilmo. Sr. D. Fernando Bea Barredo

**Excmo. Sr. Presidente de la Academia de Ciencias Matemáticas,
Físico-Químicas y Naturales de Granada,
Ilustrísimos Sras. y Sres. Académicos,
Señoras y Señores:**

En la vida de los profesionales de la ciencia hay algunos momentos placenteros que compensan los sinsabores, fracasos, y el arduo trabajo que la actividad investigadora conlleva. Entre ellos están la defensa de la Tesis doctoral, la obtención de una plaza, los éxitos de tus estudiantes, la aceptación de tus ideas por parte de la comunidad científica internacional, etc... Todos estos momentos son accesibles a la mayor parte de los investigadores, pero hay algunos otros,

ciertamente muy escasos, que están restringidos a algunos privilegiados. Entre dichos momentos, considero que uno de los más importantes y que a mí mayor satisfacción produce es poder dar respuesta al discurso de entrada en esta Ilustre Academia de un científico de raza, el Dr. Juan Manuel García Ruiz, uno de los investigadores más brillantes y con mayor proyección internacional de nuestra comunidad científica.

Conozco al Dr. García Ruiz desde que llegué a Granada como Catedrático de Petrología en 1992. Él había llegado un poco antes, procedente de Madrid, y coincidimos físicamente en el Departamento de Mineralogía y Petrología de esta Universidad durante unos breves años años.

Nuestra actividad investigadora trata de aspectos muy diferentes, por lo cual no hemos colaborado en este sentido. Sin embargo, creo que los dos compartimos una serie de valores y de puntos de vista sobre la investigación y la gestión de la misma, por lo que acepté con gusto contestar el discurso efectuado por el Dr. García Ruiz, y me siento muy honrado por que esta docta institución me haya escogido para ello. Creo que dicho discurso y los méritos que relataré a continuación confirman lo acertado de la propuesta efectuada por la Sección de Naturales para nombrar Académico Numerario al Dr. García Ruiz.

El Dr. García Ruiz, sevillano de origen, es licenciado en Geología por la Universidad Complutense de Madrid desde 1976, y se doctoró en la misma Universidad en 1980 bajo la supervisión del Prof. Amorós, habiendo realizado estancias post-doctorales en la universidad de Antwerpen (Bélgica) y en la Penn State University (USA).

En 1983 se incorporó a la Universidad de Cádiz, primero como Profesor Ayudante en el Departamento de Geología y luego como

Profesor Asociado en el Departamento de Cristalografía y Mineralogía. En 1989 se trasladó a Granada, como Científico Titular en el Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra (CSIC), habiendo conseguido plaza de Profesor de Investigación en 1992, fecha desde la cual ejerce la función de Director del Laboratorio de Estudios Cristalográficos de dicho Instituto, laboratorio que es el líder en investigación cristalográfica de nuestro país. Así mismo, es el Investigador Principal de la Factoría Española de Investigación Cristalográfica, un proyecto gubernamental que coordina a más de 100 científicos de ocho instituciones diferentes y ha sido financiado con 7 millones de Euros. También, en 2014 ganó un ERC Senior Advanced Grant.

En cuanto a su especialización científica, el Dr. García Ruiz es un experto reconocido internacionalmente en los campos de la nucleación y crecimiento cristalino, tanto de compuestos inorgánicos y minerales como de proteínas y productos farmacéuticos, especialmente en condiciones de microgravedad. Por esta razón ha sido líder de varios experimentos de cristalización en naves espaciales, en alguno de ellos coordinando más de 30 laboratorios europeos y japoneses. Como consecuencia, ha patentado varios descubrimientos y fundado una compañía, Triana Science & Technology, que ofrece servicios y tecnología en el campo de la cristalización.

El Dr. García-Ruiz es un científico de amplio espectro que ha trabajado en una amplia variedad de temas. Durante su tesis doctoral se interesó en la cristalografía y mineralogía, en particular en la interface entre el mundo mineral y el biológico. Con una sólida formación en procesos de nucleación, crecimiento cristalino, y formación de modelos no lineales, ha aplicado sus conocimientos a una gran variedad de problemas, tal como la formación de anillos de Liesegang, crecimiento cristalino

competitivo, dendritas fractales, suturas de ammonites y crecimiento estromatolítico, precipitación de bitartrato en vinos, biomineralización de cáscaras de huevo, formación de cristales gigantes y cristalización en el espacio, habiendo descubierto el fenómeno de formación de los llamados biomorfos de sílice-carbonato.

La actividad investigadora del Dr. García Ruiz se resume, en fin, en más de 250 publicaciones incluyendo revistas del mayor impacto tal como Nature y Science.

Otras dos facetas a destacar son su capacidad de comunicación, primero, y su capacidad emprendedora, después. Respecto al primer punto, en el discurso ha quedado claro que el Dr. García Ruiz tiene una gran facilidad para expresar de forma amena, clara, y accesibles conceptos sumamente difíciles. Es capaz de hacer de una disciplina científica árida, como la cristalografía, algo entretenido e interesante. Creo que el haber desarrollado su actividad profesional en el Consejo Superior de Investigaciones Científicas, sin ataduras docente, le ha permitido más tiempo y más libertad en la investigación, pero también creo que la Universidad perdió un magnífico docente, capaz de entusiasmar a los estudiantes más jóvenes y despertar así vocaciones investigadoras.

Respecto al segundo punto, hay que destacar primero su gran habilidad en la búsqueda fondos para su grupo de investigación, y la capacidad de patentar descubrimientos y formar una empresa, creando riqueza y transfiriendo así a la sociedad los conocimientos generados con los fondos públicos. Ambas cuestiones me parecen admirables.

Creo, por tanto, que los miembros de esta ilustre Academia estarán unánimemente de acuerdo en que el Dr. García Ruiz es digno de ocupar puesto de Académico Numerario. No me cabe la menor duda de que el

nuevo Académico contribuirá de manera decisiva a lo que es el objetivo primordial de la institución, fomentar y difundir la Ciencia y sus aplicaciones, especialmente en un campo tan sugerente y fronterizo como es el estudio de la interface entre los mundos mineral y biológico. Estos estudios pueden ayudar a esclarecer la formación de las primeras moléculas orgánicas y el origen de la vida en nuestro planeta, temas absolutamente fascinantes directamente relacionados con la actual exploración de Marte y, sin duda, con el futuro de la humanidad.

Excelentísimo Sr. Presidente, Ilustrísimos Sras. y Sres. Académicos, creo que todos debemos de congratularnos por acoger en nuestras filas al Dr. García Ruiz. Por mi parte sólo queda darle la bienvenida a la Academia, y a todos Vds. muchas gracias por su atención.

Fernando Bea

Catedrático de Petrología y Geoquímica
Académico Numerario de la Academia de Ciencias Matemáticas,
Físico-Químicas y Naturales de Granada
Académico Extranjero de la Academia de Ciencias de Rusia