

# Modelos Tangibles

Miriam Camarillas Marimón

Alicia Guasch Mitjans



**Modelos Tangibles** es un proyecto que surge de la colaboración entre Alicia Guasch Mitjans, responsable de la *Plataforma Automatizada de Cristalografía del Parc Científic de Barcelona* y Miriam Camarillas Marimón, diseñadora de joyas, orfebre y creadora de la firma GdeJoyas. Su objetivo, es materializar y recrear el invisible mundo atómico a través de la joyería.

Mi acercamiento a la ciencia fue el resultado de la inquietud por encontrar nuevas formas y el rigor de mi trabajo como orfebre.

La interpretación libre de las formas orgánicas, me resultaba en ocasiones demasiado subjetiva, una porción de realidad sujeta a la percepción. Con la mirada puesta en las matemáticas, la filosofía y la ciencia, encontré en las estructuras geométricas un modo de representar lo universal, a través de la abstracción. De un modo intuitivo, realicé varias piezas que se correspondían con símbolos arquetípicos, cercanos a la historia de la ornamentación.

Fue gracias a este interés común con Alicia Guasch, que ella me aproximó a los modelos atómicos. Las formas regulares de algunas macromoléculas me cautivaron desde el primer momento, al observarlas veía que la estructura de muchas de ellas tenía relación con símbolos y construcciones que yo ya había representado anteriormente en mis colecciones. Estas formas me remitían de nuevo a los sólidos platónicos como el icosaedro, el hexaedro, el octaedro, los fractales, la espiral logarítmica, la hélice...

Cuando Alicia me propuso materializar modelos atómicos virtuales, estudié cuales de ellos eran mas apropiados para interpretar en metal.

Capturar formas bellas ha sido desde siempre el eje de mi trabajo, lo vivo como un modo de equilibrar el caos y la rudeza de lo material. En esta línea, al escoger las estructuras con las que iba a trabajar me sentí atraída por algunas

de las formas regulares y poliédricas que revelaban los virus. Fue así como la macromolécula phi29 se desveló ante mí como una forma maravillosamente equilibrada y afín.

Dicho fago está formado por tres partes, la cápside, el conector y el ADN, cada pieza de esta serie, esta basada en una de ellas. Contemplando dichos componentes de forma independiente, era obvio que en si mismos encerraban una belleza única que era preciso abstraer.

La posibilidad de recrear una macromolécula en tres dimensiones en base a la matemática de un ordenador, me proporcionó las herramientas para poder alterarla respetando su esencia y simetría. La objetividad de la ciencia y la matemática, permiten a la filosofía y al arte, vislumbrar desde una base objetiva los misterios que nos reserva la naturaleza. Algunos ejemplos de esta conjunción son Ernst Haeckel, biólogo y filósofo alemán (1834-1919), el orfebre Wenzel Jamnister (1508-1585), o el matemático y artista holandés M. C. Escher (1898-1972).

Hoy en día la tecnología de impresión 3d, nos ofrece un amplio espectro de posibilidades en este campo para experimentar con la geometría con mayor libertad y materializar objetos con cualquier forma por compleja que esta sea. De tal manera que surge una vía conciliadora entre la abstracción del arte y la rigurosidad de la ciencia indicando un posible cambio en la percepción y la concepción de los objetos que nos rodean.

Las impresoras 3D utilizan dos componentes básicos para depositar el material, uno para las partes sólidas y otro para el espacio vacío circundante que se elimina por disolución o aspiración.

En joyería se usan dos tipos de cera, una que se diluye con agua y otra que determinará los volúmenes de la pieza. El proceso de conversión a metal se realiza mediante micro fusión. Esta técnica, también llamada fundición a la cera perdida, se basa en la preparación de moldes de yeso de la pieza y la inyección del metal por centrifugación.

Los materiales elegidos para este proyecto, el oro y la plata, están guiados por mi predilección por emplear metales preciosos, el oro y la plata, símbolos de lo eterno, de la luz y de la sombra. El uso del color, a través de pigmentos anaranjados y turquesas ayudó a resaltar su procedencia orgánica y la fragilidad que me inspiraban.

La presencia de las joyas realizadas para este proyecto, nos muestra la conexión que existe entre los opuestos, entre lo subjetivo y lo objetivo, entre la idea y el objeto, entre lo interno y lo externo, formando así un solo ser indisoluble y universal quedando representado de algún modo lo material y lo intangible.

*Miriam Camarillas Marimon*

## Modelos Tangibles

*Miriam Camarillas Marimon y Alicia Guasch Mitjans*



S138 VERDE ADN PHI (Pieza única) · *plata patinada 925 CT*

## **Proceso de Transformación de Modelos Atómicos Virtuales de una macromolécula circular y su ADN en Modelos Tangibles**

MAV-----MT

Durante el curso de este trabajo el objetivo que nos ha guiado ha sido la transformación de la imagen virtual en un modelo sólido. El invisible mundo atómico de las moléculas coincide con el mundo que nuestros sentidos pueden percibir cuando conseguimos sostener uno de estos modelos entre nuestras manos, de aquí nació el nombre de modelos tangibles. Para ello partimos de modelos atómicos obtenidos en nuestro laboratorio y los fuimos acompañando en su propio proceso de creación.

El periplo de estas representaciones se inició en 1953 con la interpretación por James Watson y Francis Crick, de los datos experimentales obtenidos por Rosalind Franklin mediante difracción por rayos x de fibras de ADN. Ellos desarrollaron los primeros modelos de ADN con los materiales de laboratorio que encontraron a su abasto, hilos de cobre sujetos por pinzas de laboratorio, siguieron, en 1960 Max Perutz y John Kendrew al presentar el primer modelo de proteína, la hemoglobina, utilizando 183 metros de un cable de bronce sostenido por 2500 varillas de acero. En 1978 se desarrolló el primer software FRODO que permitía visualizar estos modelos en ordenador, y ha continuado hasta nuestros días en que cualquier ordenador doméstico puede reproducir instantáneamente uno de estos modelos a partir de los valores en x,y,z de sus coordenadas cartesianas.

En los últimos 50 años se ha realizado un gran esfuerzo humano y económico por parte de los científicos de dife-

rentes países para elucidar la estructura de las macromoléculas. Lo que se inició como un proceso artesanal del cristal a la difracción mediante rayos x, en laboratorios aislados, actualmente ha pasado a formar parte de macroproyectos en laboratorios asociados a consorcios internacionales con el objetivo de obtener el máximo número de estructuras de organismos vivos. A medida que las estructuras se desvelan se van depositando en un banco de datos virtual PDB (ProteinDataBank) de acceso libre.

Las dimensiones de estos modelos atómicos están en el orden de la cienmillonésima de centímetro (0.00000001 cm) para traerlos a una escala perceptible a nuestros sentidos 10 cm los hemos de multiplicar por mil millones.

El desarrollo de la capacidad espacial en el cerebro humano va unida a la actuación de todos los sentidos. El uso del sentido visual en la construcción de modelos moleculares apoyado por la información en soporte digital que aporta el uso de los ordenadores permite acceder a un espacio abstracto previamente construido y basado en un aprendizaje científico y técnico. Este camino es largo y costoso, es posible facilitar la comprensión de las estructuras macromoleculares con el uso de otros sentidos como el tacto donde las terminaciones nerviosas de los dedos permiten descubrir los espacios moleculares, las manos sopesar las estructuras y reseguir los intrincados laberintos que forman las cadenas.

La ampliación sensorial de la vista al tacto está facilitada por la tecnología de RPT (RapidProtoTyping) donde el material a modelar como una arcilla en manos de un alfarero puede ser yeso, sinterizado de nylon o un metal en manos de un joyero.

Al traer estas estructuras al mundo sensorial se ha producido una rotura con el concepto subyacente de belleza que normalmente está asociada a simetría. Difícilmente diremos que un rostro asimétrico es bello y un cuerpo que no guarda determinadas proporciones es armonioso. Con las estructuras atómicas sucede lo mismo, así como la doble hélice

del ADN con 10 bases por cada 360° de giro nos muestra una simetría armónica y coincidente, no sucede lo mismo con las proteínas donde el paso de rosca de sus hélices no coincide con ninguna proporción numérica, confiriéndoles un aspecto más visceral que armónico.

Al inicio del proceso de escalado dominó el componente científico, el valor no residía en la belleza sino en el concepto que se escondía detrás de la estructura, así el tetrámero de hemoglobina nos traía a nuestras manos una miniatura, como si de una pequeña catedral se tratara, en cuyo interior en cada instante se origina la maravillosa unión de los átomos de oxígeno que captamos en la inspiración a un átomo de hierro y su posterior liberación en las zonas más recónditas de nuestro cuerpo. El concepto domina sobre la belleza, al retener la pieza entre nuestras manos no podemos dejar de ver un amasijo de cables retorcidos como en un intestino.

Por este motivo, en nuestra caminar hacia espacios estéticos comunes tuvimos que disminuir el valor de la belleza del concepto y fijar nuestra atención en modelos más simétricos, este espacio nos lo proporcionaron las estructuras de los virus, estos con sus cabezas con simetrías hexagonales y pentagonales como pelotas de fútbol nos abrieron las puertas a un cierto espacio donde confluía simetría con armonía.

En este lugar del camino, otra puerta se abrió y esta nos dio paso al valor del símbolo. Símbolos que nos acompañan desde el origen de los tiempos, explícitos o implícitos, dentro de marcos culturales. El ADN da paso a las serpientes que se entrecruzan en el caduceo, o en la vara de Esculapio. Como si la estructura atómica del ADN hubiera simplemente creado un nuevo marco, una nueva ventana para mirar lo que desde siempre contemplamos la transmisión de la vida. Hoy las serpientes han desaparecido en nuestra domesticada y urbana naturaleza, sin embargo han vuelto a nosotros en forma de hebras de ADN, entrelazándose unas sobre otras para recordarnos el camino de transmisión de lo vivo.

La macromolécula con estructura circular que cierra el espacio que escogimos para este trabajo corresponde a la proteína portal, de entrada a la cabeza del virus phi29, el motivo, muy simple la familiaridad obtenida con ella por cristalizarla y resuelto la estructura en el laboratorio proceso que se prolongo durante cuatro años e implicó a un sólido equipo de personas bien entrenadas. Fue un proceso casi maternal, al inicio una oscura de gestación hasta que dio luz un modelo virtual validado científicamente y le siguió una fase de crecimiento, casi centímetro a centímetro con las tecnologías de RPT, con modelos de yeso. Debido al enorme número de átomos, unos 50.000, que constituyen la molécula, nos resultó más sencillo trabajar con mapas de la superficie de la macromolécula, obteniendo mayor o menor detalle en función de la resolución. Del yeso pasamos al metal, recuerdo vivamente el momento que sentí entre mis dedos la primera pieza de esta macromolécula realizada en plata, como se cerraba un círculo que se había iniciado 14 años antes al cristalizar la macromolécula, como si la misma estructura nos hubiera indicado su propio camino, ennoblecida en el metal, pasando de mano en mano minimizando la subjetividad durante todo el proceso.

La secuencia de ADN escogida en este trabajo corresponde a la codificada para una de las doce subunidades de la macromolécula, y al mismo tiempo durante el proceso de infección vírica en la célula es la que pasa por el centro de esta.

Es difícil sustraerse a la belleza del conjunto simbólico, una estructura circular proteica formada por doce subunidades idénticas como el cielo y en su centro un eje helicoidal transportando la información que al desplegarse formara un nuevo cielo.

*Alicia Guasch Mitjans*

## Modelos Tangibles

*Miriam Camarillas Marimon y Alicia Guasch Mitjans*



PE192 ADN MOEBIUS - plata 925 CT

## Modelos Tangibles

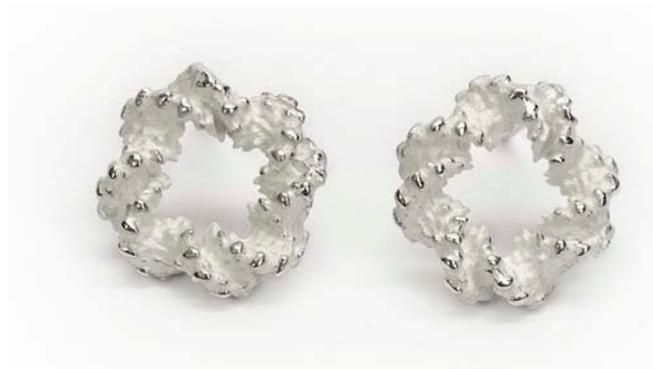
*Miriam Camarillas Marimon y Alicia Guasch Mitjans*



PE192 ADN MOEBIUS AG/OG · Or 18 KT / plata 925 CT

## Modelos Tangibles

*Miriam Camarillas Marimon y Alicia Guasch Mitjans*



ARR216 ADN MOEBIUS · plata 925 CT

## Modelos Tangibles

*Miriam Camarillas Marimon y Alicia Guasch Mitjans*



PB02 CAPSIDE EXT ORIGEN · plata 925 CT

## Modelos Tangibles

*Miriam Camarillas Marimon y Alicia Guasch Mitjans*



PE193G CAPSIDE · plata patinada 925 CT

## Modelos Tangibles

*Miriam Camarillas Marimon y Alicia Guasch Mitjans*



PB01 CAPSIDE INT ORIGEN · plata 925 CT

## Modelos Tangibles

*Miriam Camarillas Marimon y Alicia Guasch Mitjans*



S136 CAPSIDE · plata patinada 925 CT

## Modelos Tangibles

*Miriam Camarillas Marimon y Alicia Guasch Mitjans*



PIN01 CAPSIDE INT ORIGEN · plata 925 CT

## Modelos Tangibles

*Miriam Camarillas Marimon y Alicia Guasch Mitjans*



PIN04 CORONA · plata 925 CT

## Modelos Tangibles

*Miriam Camarillas Marimon y Alicia Guasch Mitjans*



PIN02 ADN ORIGEN · plata 925 CT

## Modelos Tangibles

*Miriam Camarillas Marimon y Alicia Guasch Mitjans*



PIN03 CAPSIDE INTERIOR · plata 925 CT

## Modelos Tangibles

*Miriam Camarillas Marimon y Alicia Guasch Mitjans*



ARR218 CORONA · plata 925 CT

## Modelos Tangibles

*Miriam Camarillas Marimon y Alicia Guasch Mitjans*



S134 CORONA (pieza única) · plata 925 CT

## Modelos Tangibles

*Miriam Camarillas Marimon y Alicia Guasch Mitjans*



S137 PLA CONECTOR · plata 925 CT

## Modelos Tangibles

*Miriam Camarillas Marimon y Alicia Guasch Mitjans*



ARR219 PLA CONECTOR · plata 925 CT

## Modelos Tangibles

*Miriam Camarillas Marimon y Alicia Guasch Mitjans*



ARR214 CONO ADN PHI · *plata patinada 925 CT*

## Modelos Tangibles

*Miriam Camarillas Marimon y Alicia Guasch Mitjans*



ARR215 CONO DOBLE ADN PHI · plata patinada 925 CT

## Modelos Tangibles

*Miriam Camarillas Marimon y Alicia Guasch Mitjans*



S132 ADN PHI · *plata patinada 925 CT*

## Modelos Tangibles

*Miriam Camarillas Marimon y Alicia Guasch Mitjans*



PE191 CONO · DOBLE GRUIXUT ADN PHI · *plata patinada 925 CT*

## Modelos Tangibles

*Miriam Camarillas Marimon y Alicia Guasch Mitjans*



ARR217 CONO DOBLE GRUESO ADN PHI (pieza única) · plata patinada 925 CT

## Modelos Tangibles

*Miriam Camarillas Marimon y Alicia Guasch Mitjans*



## Modelos Tangibles

*Miriam Camarillas Marimon y Alicia Guasch Mitjans*



## Modelos Tangibles

*Miriam Camarillas Marimon y Alicia Guasch Mitjans*



FE137 ADN (Pieza única) · *plata patinada 925 CT*

## Modelos Tangibles

*Miriam Camarillas Marimon y Alicia Guasch Mitjans*



ARR213P ADN (2 vueltas) · plata 925 CT

## Modelos Tangibles

*Miriam Camarillas Marimon y Alicia Guasch Mitjans*



PE188 ADN (9 vueltas) · plata 925 CT

## Modelos Tangibles

*Miriam Camarillas Marimon y Alicia Guasch Mitjans*



S130 ADN (4 vueltas) · plata 25 CT

## Modelos Tangibles

*Miriam Camarillas Marimon y Alicia Guasch Mitjans*



S131 ADN (2 vueltas) · plata 925 CT

## Modelos Tangibles

*Miriam Camarillas Marimon y Alicia Guasch Mitjans*



S133 ADN (1 vuelta) · plata 925 CT

## Modelos Tangibles

*Miriam Camarillas Marimon y Alicia Guasch Mitjans*



PUL015 ADN (2 Vueltas) · plata patinada 925 CT

## Modelos Tangibles

*Miriam Camarillas Marimon y Alicia Guasch Mitjans*



PUL016 ADN (7 vueltas) · plata patinada 925 CT

## Modelos Tangibles

*Miriam Camarillas Marimon y Alicia Guasch Mitjans*



PUL014 ADN (4 vueltas) · plata patinada 925 CT

## Modelos Tangibles

*Miriam Camarillas Marimon y Alicia Guasch Mitjans*



PE195 CONECTOR · plata 925 CT

## Modelos Tangibles

*Miriam Camarillas Marimon y Alicia Guasch Mitjans*



ARR220 PLA CONECTOR · plata 925 CT

## Modelos Tangibles

*Miriam Camarillas Marimon y Alicia Guasch Mitjans*



PE189 ADN (2 Vueltas) · plata patinada 925 CT

## Modelos Tangibles

*Miriam Camarillas Marimon y Alicia Guasch Mitjans*



## Modelos Tangibles

*Miriam Camarillas Marimon y Alicia Guasch Mitjans*



ARR212 ADN (4 voltes) · plata 925 CT

## Modelos Tangibles

*Miriam Camarillas Marimon y Alicia Guasch Mitjans*



## Modelos Tangibles

*Miriam Camarillas Marimon y Alicia Guasch Mitjans*



ARR216 ADN MOEBIUS OG/AG (4 voltes) · plata 925 CT

## Modelos Tangibles

*Miriam Camarillas Marimon y Alicia Guasch Mitjans*



ARR223 ADN (6 voltes) · plata 925 CT

## Modelos Tangibles

*Miriam Camarillas Marimon y Alicia Guasch Mitjans*



## Modelos Tangibles

*Miriam Camarillas Marimon y Alicia Guasch Mitjans*



S135 CORONA · plata 925 CT



# MODELS TANGIBLES: LES JOIES DE LA BIOLOGIA MOLECULAR

## Proceso de Transformación de Modelos Atómicos Virtuales de una macromolécula circular y su ADN en Modelos Tangibles

"Modelos Tangibles", es un proyecto que surge de la colaboración entre Alicia Guasch Mitjans, responsable de la Plataforma Automatizada de Cristalografía del Parque Científico de Barcelona, y Miriam Camarillas Marimón, diseñadora de joyas, orfebre y creadora de la firma G de Joyas. Su objetivo, es materializar y recrear el invisible mundo atómico a través de la joyería:

### **Alicia Guasch Mitjans**

**responsable de la Plataforma Automatizada de Cristalografía del Parque Científico de Barcelona**

Durante el curso de este trabajo el objetivo que nos ha guiado ha sido la transformación de la imagen virtual en un modelo sólido. El invisible mundo atómico de las moléculas coincide con el mundo que nuestros sentidos pueden percibir cuando conseguimos sostener uno de estos modelos entre nuestras manos, de aquí nació el nombre de modelos tangibles. Para ello partimos de modelos atómicos obtenidos en nuestro laboratorio y los fuimos acompañando en su propio proceso de creación. El periplo de estas representaciones se inicio en 1953 con la interpretación por James Watson y Francis Crick, de los datos experimentales obtenidos por Rosalind Franklin mediante difracción por rayos x de fibras de ADN. Ellos desarrollaron los primeros modelos de ADN con los materiales de laboratorio que encontraron a su abasto, hilos de cobre sujetos por pinzas de laboratorio, siguieron, en 1960 Max Perutz y John Kendrew al presentar el primer modelo de proteína, la hemoglobina, utilizando 183 metros de un cable de bronce sostenido por 2500 varillas de acero. En 1978 se desarrollo el primer software FRODO que permitía visualizar estos modelos en ordenador, y ha continuado hasta nuestros días en que cualquier ordenador domestico puede reproducir instantáneamente uno de estos modelos a partir de los valores en x, y, z de sus coordenadas cartesianas. En los últimos 50 años se ha realizado un gran esfuerzo humano y económico por parte de los científicos de diferentes países para elucidar la estructura de las macromoléculas. Lo que se inicio como un proceso artesanal del cristal a la difracción mediante rayos x, en laboratorios aislados, actualmente ha pasado a formar parte de macroproyectos en laboratorios asociados a consorcios internacionales con el objetivo de obtener el máximo numero de estructuras de organismos vivos. A medida que las estructuras se desvelan se van depositando en un banco de datos virtual PDB (ProteinDataBank) de acceso libre.

Las dimensiones de estos modelos atómicos están en el orden de la cienmillonésima de centímetro (0.00000001 cm) para traerlos a una escala perceptibles a nuestros sentidos 10 cm los hemos de multiplicar por mil millones.

El desarrollo de la capacidad espacial en el cerebro humano va unida a la actuación de todos los sentidos. El uso del sentido visual en la construcción de modelos moleculares apoyado por la información en soporte digital que aporta el uso de los ordenadores permite acceder a un espacio abstracto previamente construido y basado en un aprendizaje científico y técnico. Este camino es largo y costoso, es posible facilitar la comprensión de las estructuras macromoleculares con el uso de otros sentidos como el tacto donde las terminaciones nerviosas de los dedos permiten descubrir los espacios moleculares, las manos sopesar las estructuras y reseguir los intrincados laberintos que forman las cadenas. La ampliación sensorial de la vista al tacto esta facilitada por la tecnología de RPT (RapidProtoTyping) donde el material a modelar como una arcilla en manos de un alfarero puede ser yeso, sinterizado de nylon o un metal en manos de un joyero.

Al traer estas estructuras al mundo sensorial se ha producido una rotura con el concepto subyacente de belleza que normalmente esta asociada a simetría. Difícilmente diremos que un rostro asimétrico es bello y un cuerpo que no guarde determinadas proporciones es armonioso. Con las estructuras atómicas sucede lo mismo, así como la doble hélice del ADN con 10 bases por cada 360° de giro nos muestra una simetría armónica y coincidente, no sucede lo mismo con las proteínas donde el paso de rosca de sus hélices no coincide con ninguna proporción numérica, confiriéndoles un aspecto mas visceral que armónico.

Al inicio del proceso de escalado dominó el componente científico, el valor no residía en la belleza sino en el concepto que se escondía detrás de la estructura, así el tetrámero de hemoglobina nos traía a nuestras manos una miniatura, como si de una pequeña catedral se tratara, en cuyo interior en cada instante se origina la maravillosa unión de los átomos de oxígeno que captamos en la inspiración a un átomo de hierro y su posterior liberación en las zonas mas recónditas de nuestro cuerpo. El concepto domina sobre la belleza, al retener la pieza entre nuestras manos no podemos dejar de ver un amasijo de cables retorcidos como en un intestino.

Por este motivo, en nuestra caminar hacia espacios estéticos comunes tuvimos que disminuir el valor de la belleza del concepto y fijar nuestra atención en modelos mas simétricos, este espacio nos lo proporcionaron las estructuras de los virus, estos con sus cabezas con simetrías hexagonales y pentagonales como pelotas de fútbol nos abrieron las puertas a un cierto espacio donde confluía simetría con armonía.

En este lugar del camino, otra puerta se abrió y esta nos dio paso al valor del símbolo. Símbolos que nos acompañan desde el origen de los tiempos,

explícitos o implícitos, dentro de marcos culturales. El ADN da paso al las serpientes que se entrecruzan en el caduceo, o en la vara de Esculapio. Como si la estructura atómica del ADN hubiera simplemente creado un nuevo marco, una nueva ventana para mirar lo que desde siempre contemplamos la transmisión de la vida. Hoy las serpientes han desaparecido en nuestra domesticada y urbana naturaleza, sin embargo han vuelto a nosotros en forma de hebras de ADN, entrelazándose unas sobre otras para recordarnos el camino de transmisión de lo vivo.

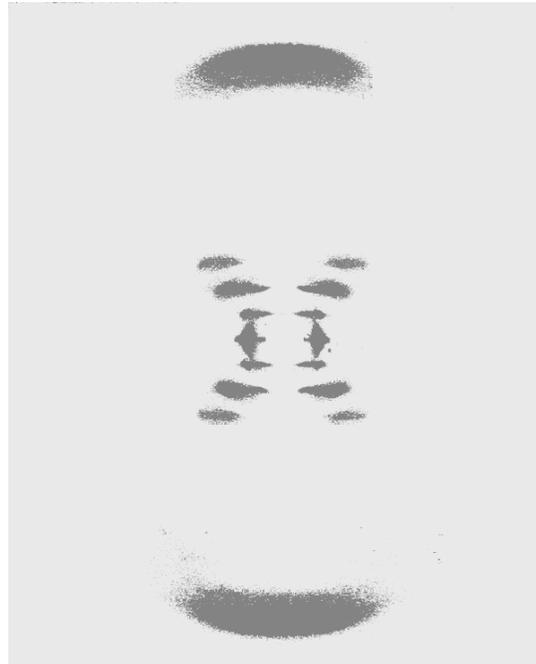
La macromolécula con estructura circular que cierra el espacio que escogimos para este trabajo corresponde a la proteína portal, de entrada a la cabeza del virus phi29, el motivo, muy simple la familiaridad obtenida con ella por cristalizarla y resuelto la estructura en el laboratorio proceso que se prolongo durante cuatro años e implicó a un sólido equipo de personas bien entrenadas. Fue un proceso casi maternal, al inicio una oscura de gestación hasta que dio luz un modelo virtual validado científicamente y le siguió una fase de crecimiento, casi centímetro a centímetro con las tecnologías de RPT, con modelos de yeso. Debido al enorme número de átomos, unos 50.000, que constituyen la molécula, nos resulto mas sencillo trabajar con mapas de la superficie de la macromolécula, obteniendo mayor o menor detalle en función de la resolución. Del yeso pasamos al metal, recuerdo vivamente el momento que sentí entre mis dedos la primera pieza de esta macromolécula realizada en plata, como se cerraba un círculo que se había iniciado 14 años antes al cristalizar la macromolécula, como si la misma estructura nos hubiera indicado su propio camino, ennoblecida en el metal, pasando de mano en mano minimizando la subjetividad durante todo el proceso. La secuencia de ADN escogida en este trabajo corresponde a la codificada para una de las doce subunidades de la macromolécula, y al mismo tiempo durante el proceso de infección vírica en la célula es la que pasa por el centro de esta.

Es difícil sustraerse a la belleza del conjunto simbólico, una estructura circular proteica formada por doce subunidades idénticas como el cielo y en su centro un eje helicoidal transportando la información que al desplegarse formara un nuevo cielo.

Alicia Guasch Mitjans

## ¿Como “ve” las formas la biología molecular?

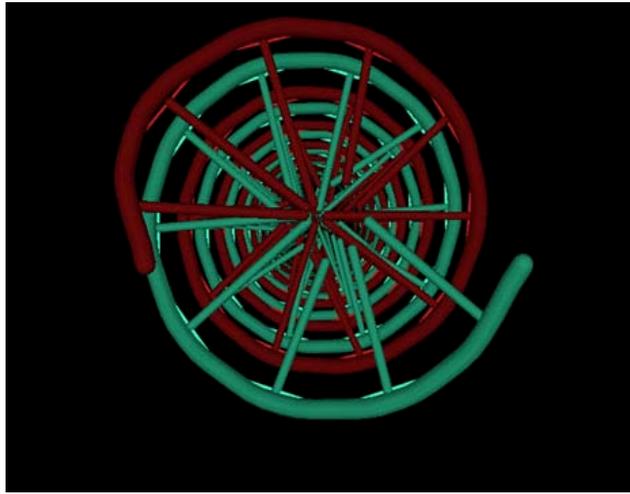
De la hélice 10 del ADN  
a la hélice “casi” 7 de las proteínas



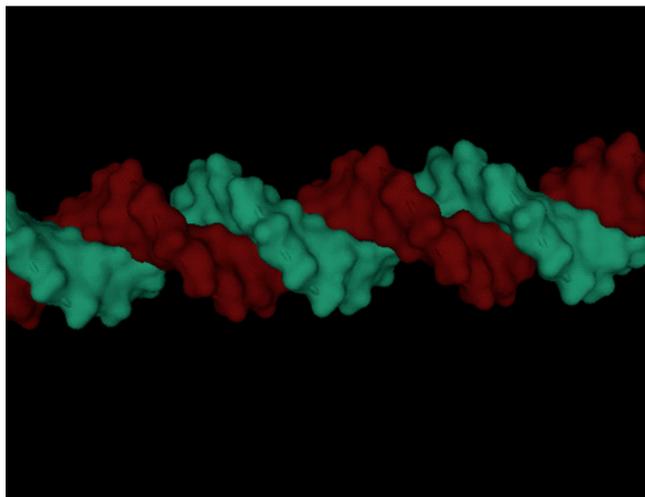
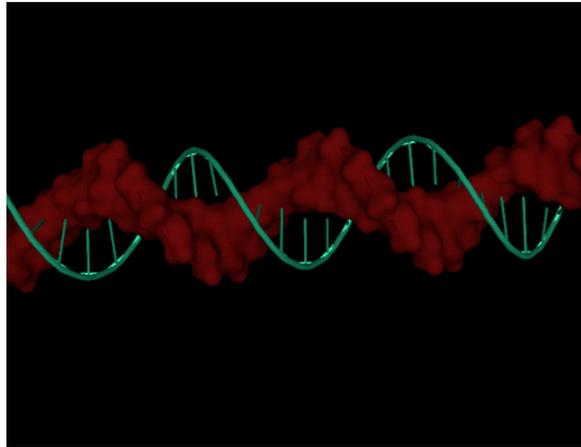
Primera fotografía de difracción por rayos X del ADN realizada por Rosalind Franklin en 1952



James Watson y Francis Crick , 1953, con el primer modelo de ADN en los laboratorios de Cavendish, Cambridge, Inglaterra.



ADN, dos cadenas, 10 bases por vuelta.



Cada vuelta  $360^\circ$  de hélice mide 34 A de largo. El surco mayor mide 21 A y el pequeño 13 A.



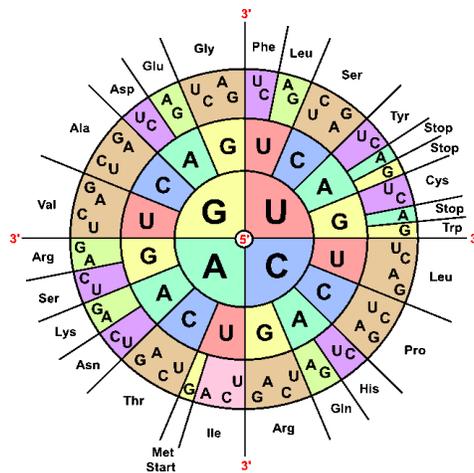
Cromosomas de Drosophila M. con los telomeros marcados en rojo.

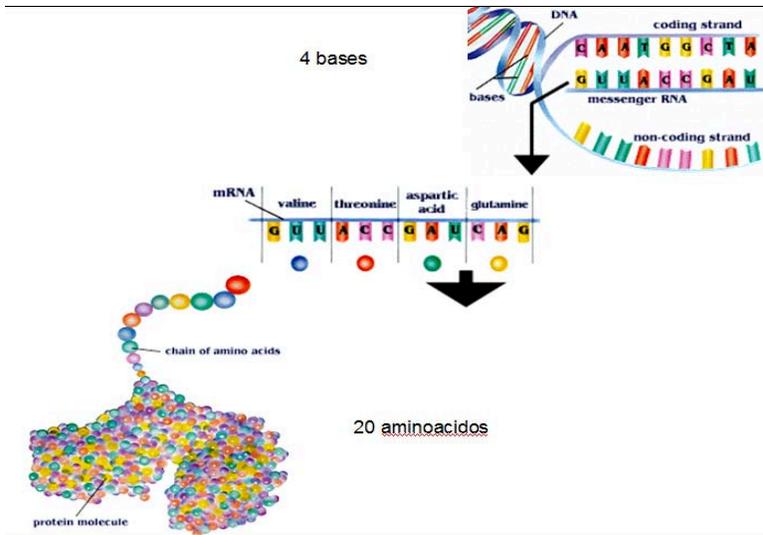


SQ Sequence 429 BP; 77 A; 157 C; 121 G; 74 T; 0 other; 153777405 CRC32;

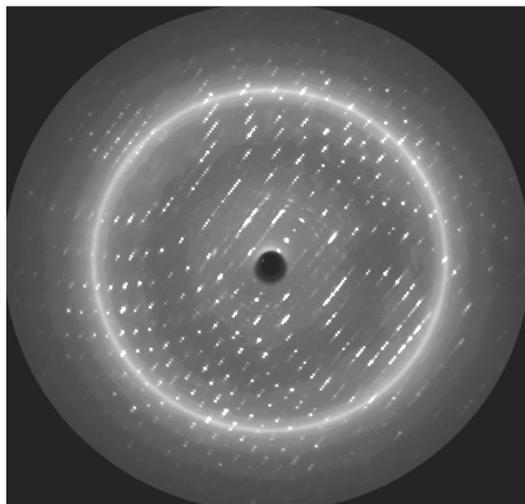
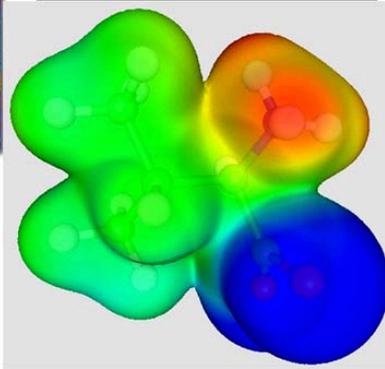
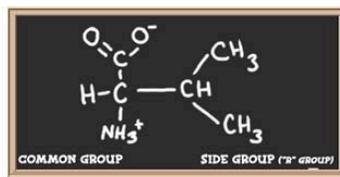
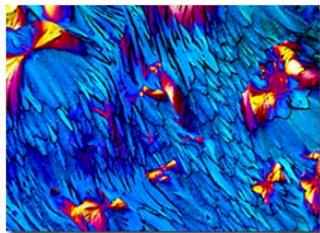
```

1   atggtgctgt ctctgccga caagaccaac gtcaaggccg cctggggtaa ggtcggcgcg      60
cacgctggcg agtatggtc ggaggcctcg gagaggatgt tctgtcctt cccaccacc      120
aagacctact tccgcactt cgacctgagc cagggtctg cccagggttaa gggccacggc      180
aagaagggtg ccgagccct gaccaacgcc gtggcgcacg tggacgacat gcccaacgcg  240  ctgtccgccc
tgagcgacct gcacgcgcac aagtttcggg tggaccgggt caacttcaag      300  ctctaagcc
actgctgct ggtgacctg gccgccacc tccccgccga gttaccctt      360  gcggtgcacg
cctccctgga caagttctg gcttctgta gcaccgtgct gacctcaaa      420  taccgttaa
  
```



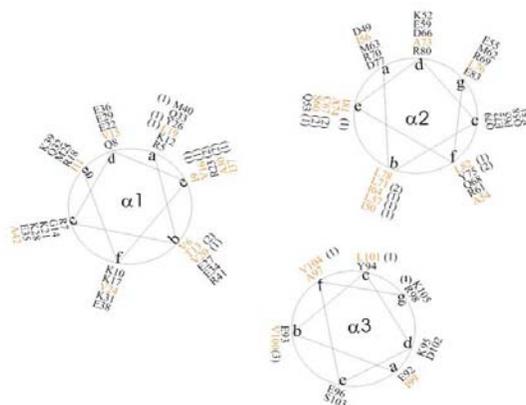


## Valina





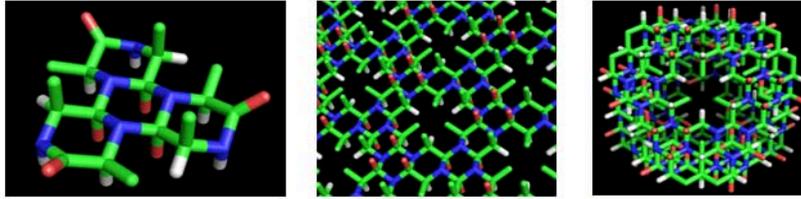
Linus Pauling, 1901-1994



Hélices alfa, paso de rosca de 3.4 Å.

Las proteínas cristalizan, las proteínas han de tener formas poliédricas regulares como los cristales.

La belleza y la simetría de una teoría no son indicadores de su veracidad.



Dorothy Wrinch (1904-1976)

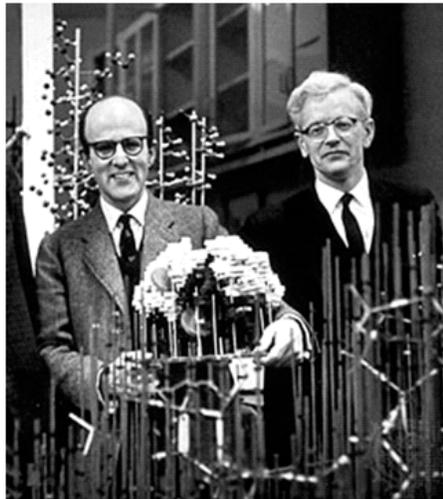
Matemática, Cristalografía.

Teoría del ciclo.

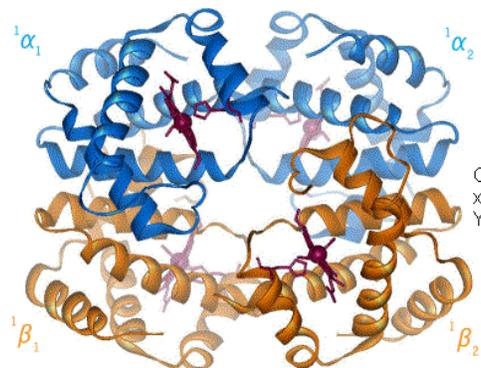
Ergopeptidos.

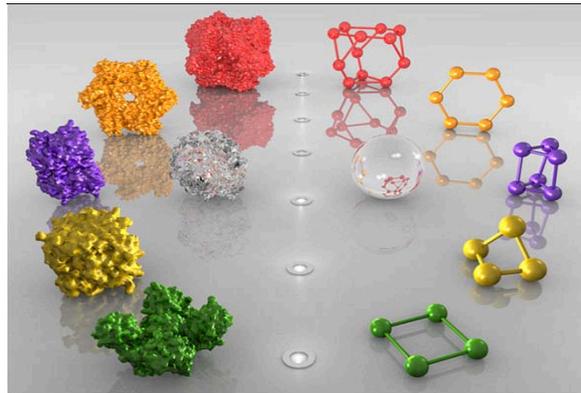
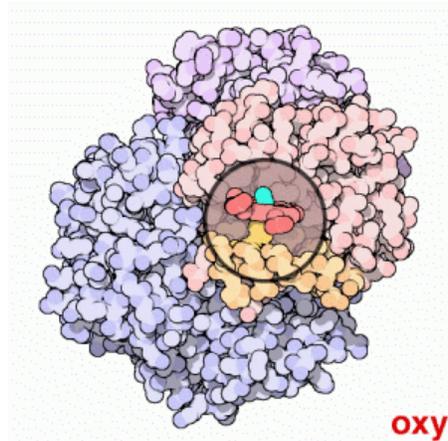


El primer modelo tridimensional de una proteína, la mioglobina lo desarrolló John Kendrew y su equipo en 1958.



John Kendrew a la derecha y Max Perutz con un modelo de hemoglobina

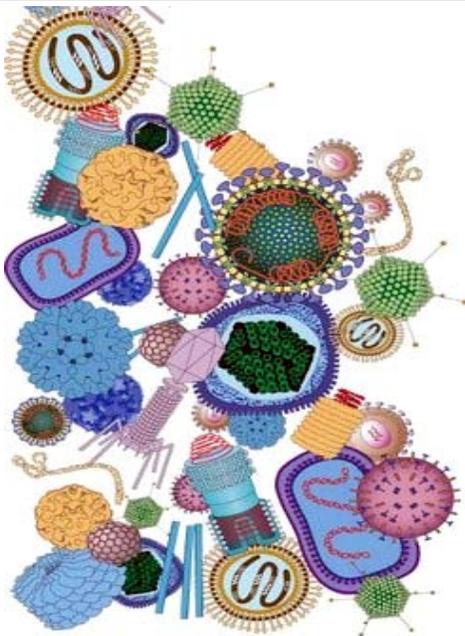
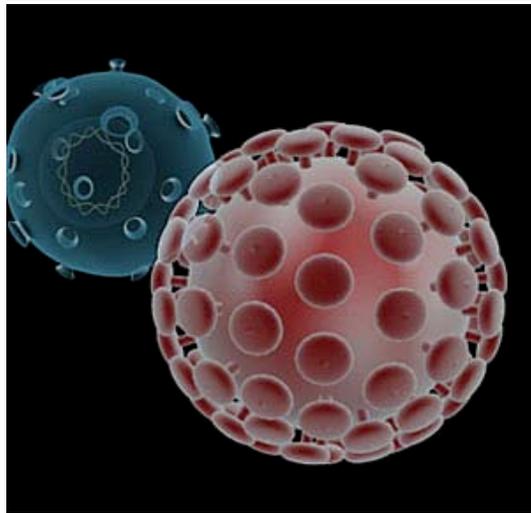


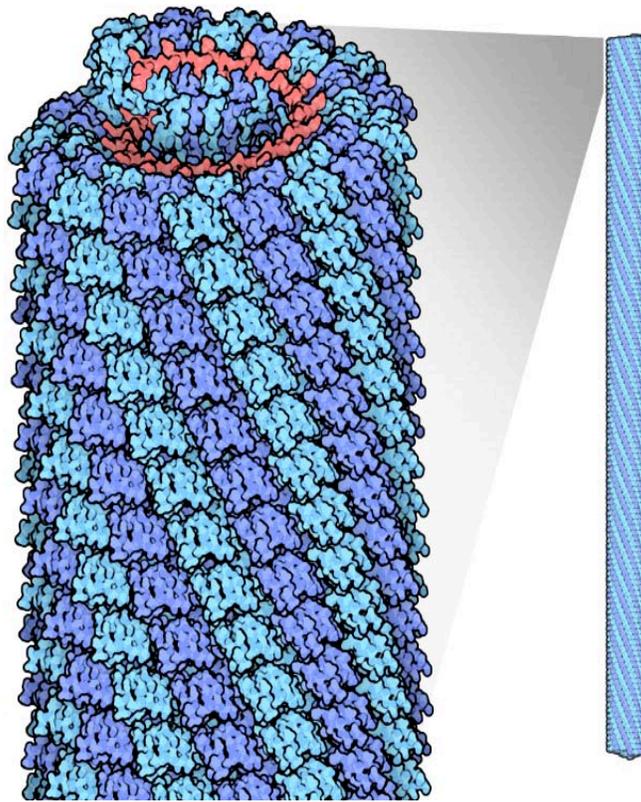
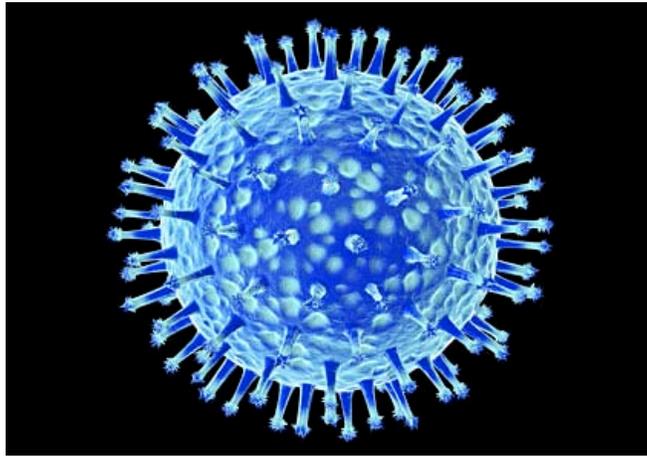


Emmanuel Levy  
*Université de Montreal, CANADA*

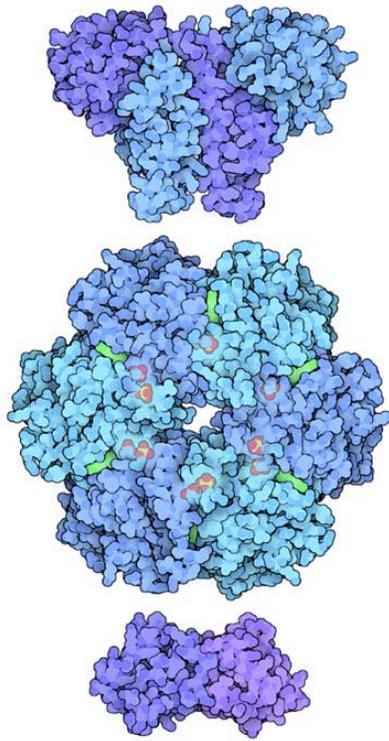
Esta imagen ilustra un argumento evolutivo para un homodimer. El homodimer, representado por cuentas de oro, desarrolla una especificidad nueva a una proteína representada por el cuadrado de naranja. La codificación de gene para el homodimer entonces duplica, y conduce a un dímero de proteínas paralogous (cuentas de oro y de plata). Inmediatamente después de la duplicación, ambas proteínas todavía atan al mismo compañero (el cuadrado de naranja). Sin embargo, después de la divergencia, la proteína de plata suelta su especificidad hacia la proteína de naranja y ata el poliedro verde en cambio. Este argumento de evolución es frecuente, y de hecho, ha conducido a varias máquinas importantes moleculares como el fotosistema I, que muestran en la imagen.

## GALERIA DE IMAGENES BIOLOGIA MOLECULAR:

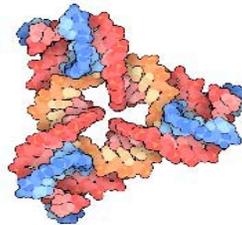


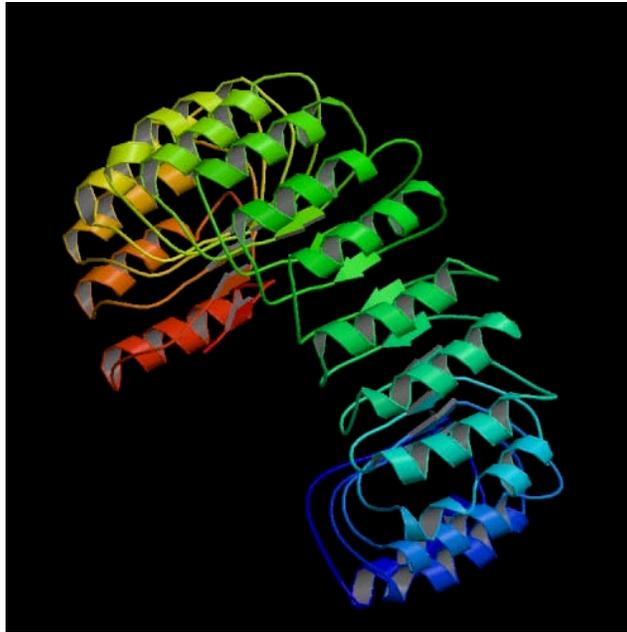


Virus del mosaico del tabaco

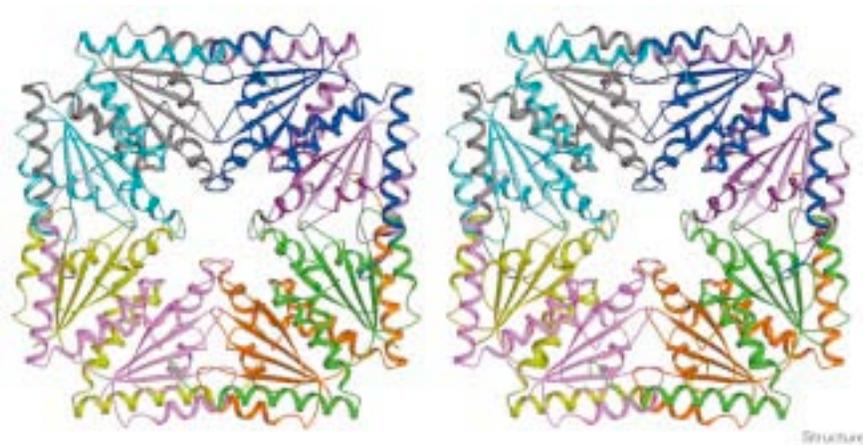


Las proteínas del reloj circadiano

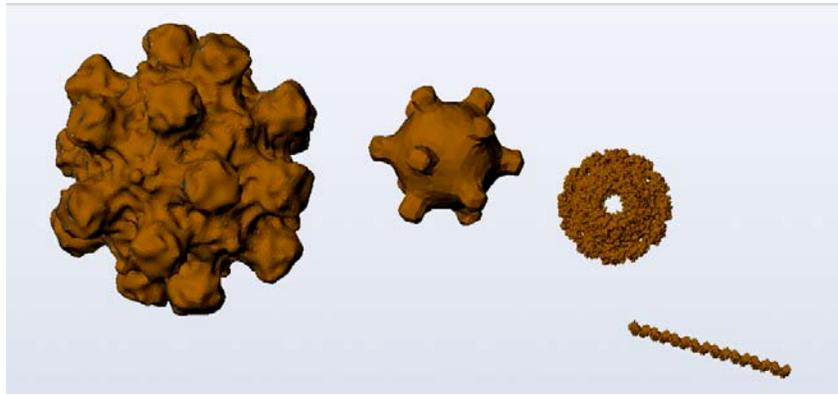




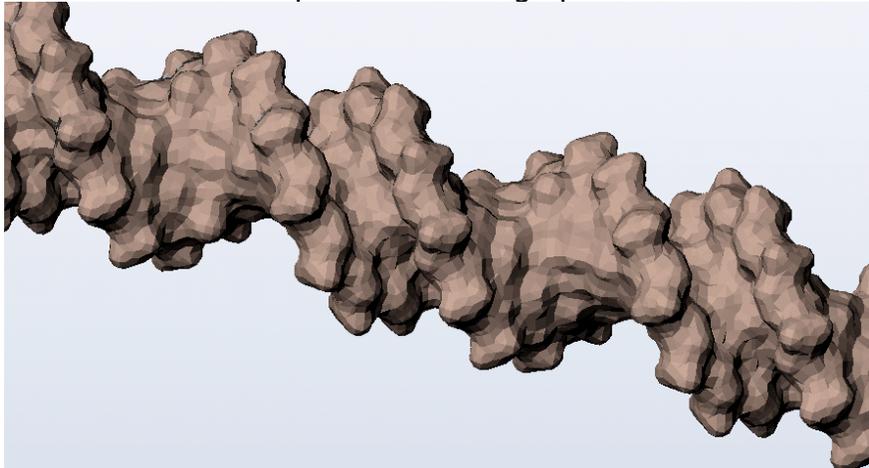
Mecanismo de inhibición ribonucleasa por proteína de inhibidor ribonucleasa basada en la estructura de cristal de su complejo con ribonucleasa A.



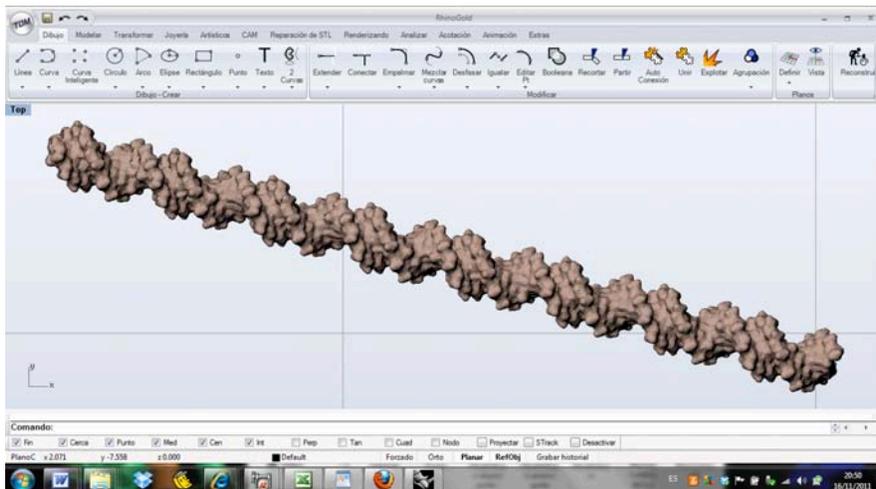
Vista estérica de octamer PurE visto abajo el eje cuádruple. Cada monomer es presentado en un color diferente.



componentes del fago phi 29



adn phi29



adn phi29, visto desde la pantalla del programa rinoh gold

## Miriam Camarillas Marimón

diseñadora de joyas, orfebre y creadora de la firma G de Joyas



Mi acercamiento a la ciencia fue el resultado de la inquietud por encontrar nuevas formas y el rigor de mi trabajo como orfebre.

La interpretación libre de las formas orgánicas, me resultaba en ocasiones demasiado subjetiva, una porción de realidad sujeta a la percepción. Con la mirada puesta en las matemáticas, la filosofía y la ciencia, encontré en las estructuras geométricas un modo de representar lo universal, a través de la abstracción. De un modo intuitivo, realicé varias piezas que se correspondían con símbolos arquetípicos, cercanos a la historia de la ornamentación.

Fue gracias a este interés común con Alicia Guasch, que ella me aproximó a los modelos atómicos. Las formas regulares de algunas macromoléculas me cautivaron desde el primer momento, al observarlas veía que la estructura de muchas de ellas tenía relación con símbolos y construcciones que yo ya había representado anteriormente en mis colecciones. Estas formas me remitían de nuevo a los sólidos platónicos como el icosaedro, el hexaedro, el octaedro, los fractales, la espiral logarítmica, la hélice...

Cuando Alicia me propuso materializar modelos atómicos virtuales, estudié cuales de ellos eran mas apropiados para interpretar en metal.

Capturar formas bellas ha sido desde siempre el eje de mi trabajo, lo vivo como un modo de equilibrar el caos y la rudeza de lo material. En esta línea, al escoger las estructuras con las que iba a trabajar me sentí atraída por algunas de las formas regulares y poliédricas que revelaban los virus. Fue así como la macromolécula phi29 se desveló ante mí como una forma maravillosamente equilibrada y afín.

Dicho fago está formado por tres partes, la cápside, el conector y el ADN, cada pieza de esta serie, esta basada en una de ellas. Contemplando dichos componentes de forma independiente, era obvio que en si mismos encerraban una belleza única que era preciso abstraer.

La posibilidad de recrear una macromolécula en tres dimensiones en base a la matemática de un ordenador, me proporcionó las herramientas para poder alterarla respetando su esencia y simetría. La objetividad de la ciencia y la matemática, permiten a la filosofía y al arte, vislumbrar desde una base objetiva los misterios que nos reserva la naturaleza. Algunos ejemplos de esta conjunción son Ernst Haeckel, biólogo y filósofo alemán (1834–1919), el orfebre Wenzel Jamnister (1508–1585), o el matemático y artista holandés M. C. Escher (1898–1972).

Hoy en día la tecnología de impresión 3d, nos ofrece un amplio espectro de posibilidades en este campo para experimentar con la geometría con mayor libertad y materializar objetos con cualquier forma por compleja que esta sea. De tal manera que surge una vía conciliadora entre la abstracción del arte y la rigurosidad de la ciencia indicando un posible cambio en la percepción y la concepción de los objetos que nos rodean.

Las impresoras 3D utilizan dos componentes básicos para depositar el material, uno para las partes sólidas y otro para el espacio vacío circundante que se elimina por disolución o aspiración.

En joyería se usan dos tipos de cera, una que se diluye con agua y otra que determinará los volúmenes de la pieza. El proceso de conversión a metal se realiza mediante micro fusión. Esta técnica, también llamada fundición a la cera perdida, se basa en la preparación de moldes de yeso de la pieza y la inyección del metal por centrifugación.

Los materiales elegidos para este proyecto, el oro y la plata, están guiados por mi predilección por emplear metales preciosos, el oro y la plata, símbolos de lo eterno, de la luz y de la sombra. El uso del color, a través de pigmentos anaranjados y turquesas ayudó a resaltar su procedencia orgánica y la fragilidad que me inspiraban.

La presencia de las joyas realizadas para este proyecto, nos muestra la conexión que existe entre los opuestos, entre lo subjetivo y lo objetivo, entre la idea y el objeto, entre lo interno y lo externo, formando así un solo ser indisoluble y universal quedando representado de algún modo lo material y lo intangible.

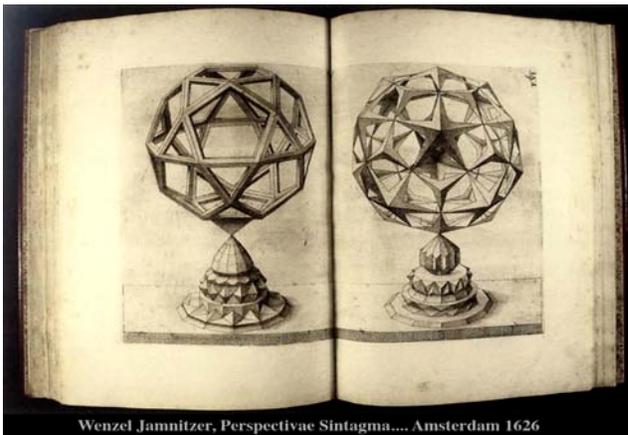
Miriam Camarillas Marimón

## Wenzel Jamnister

(1508–1585), “fue un prestigioso orfebre manierista que, obsesionado por la arquitectura del universo, crea un metodo de perspectiva (...) para plasmar la armonia del cosmos. “La practica sensible de jamnister nos demuestra como es posible que puedan convivir simultaneamente la libertat y la regla, construir al mismo tiempo la forma y abolirla, plasmar la dura materia y componer la musica de las esferas, soñar con la armonia del cosmos y construir el objeto elemental o ser a la vez artesano y poeta”  
wenzel jamnister edt. Siruela



Sello de correos conmemorativo de trabajo Jamnitzer



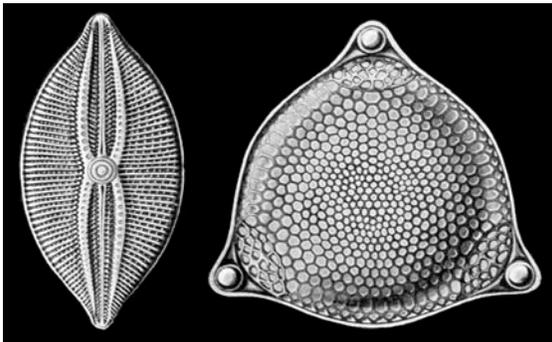
## Ernst Heinrich Philipp August Haeckel

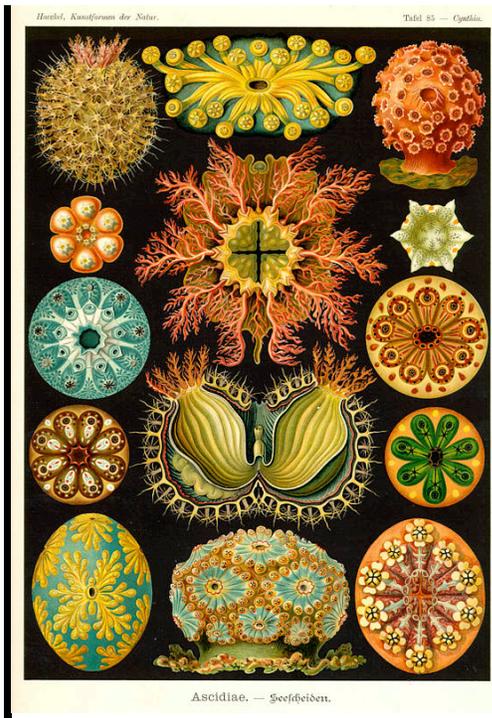
(\* Potsdam, 16 de febrero 1834 – Jena, 9 de agosto de 1919)[1] fue un biólogo y filósofo alemán que popularizó el trabajo de Charles Darwin en Alemania, creando nuevos términos como "phylum" y "ecología."

**Polycystinea** es un grupo de protistas del filo Radiolaria. Incluye a la gran mayoría de los fósiles de radiolarios. Sus esqueletos abundan en los sedimentos marinos, haciéndolos uno de los grupos de microfósiles más comunes. Estos esqueletos están compuestos de silíceo opalino. En algunas especies toma la forma de espículas relativamente, mientras que otras forma redes más elaboradas, tales como esferas concéntricas con espigas radiales o secuencias de compartimientos cónicos.

(Página de Radiolaria del Museo de Paleontología de la Universidad de Berkeley. )

Ilustración de polycystinea del orden Spumellaria en la obra Kunstformen der Natur (Arte de la Naturaleza) de Ernst Haeckel, 1904.



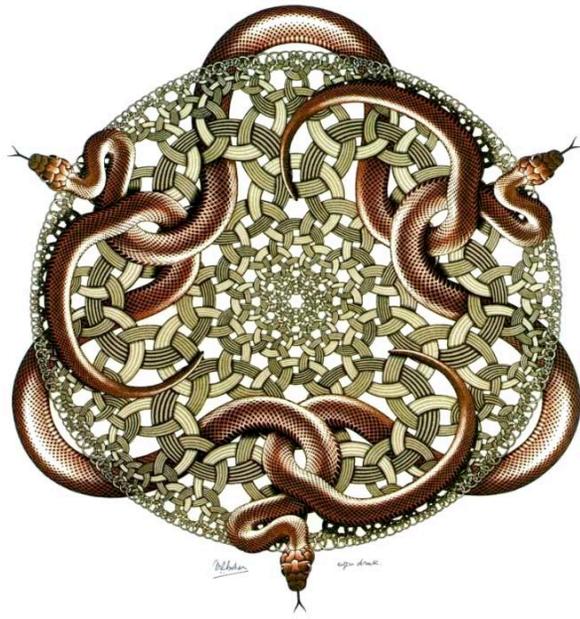
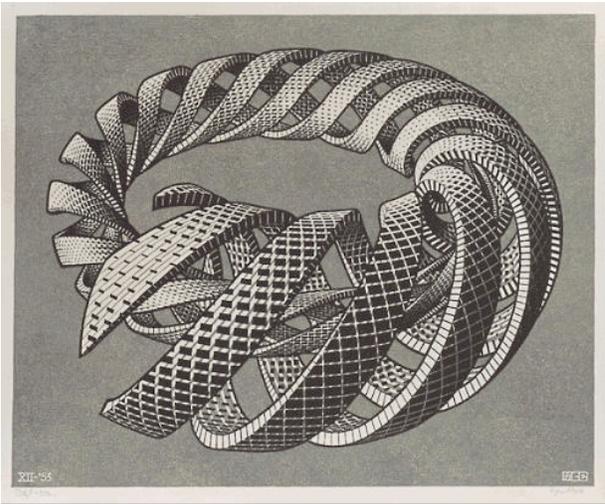


## Maurits Cornelis Escher

M. C. Escher (Leeuwarden, Países Bajos, 17 de junio de 1898 – Hilversum, Países Bajos, 27 de marzo de 1972), artista holandés, conocido por sus grabados en madera, xilografías y litografías que tratan sobre figuras imposibles, teselados y mundos imaginarios.

Su obra experimenta con diversos métodos de representar (en dibujos de 2 ó 3 dimensiones) espacios paradójicos que desafían a los modos habituales de representación.

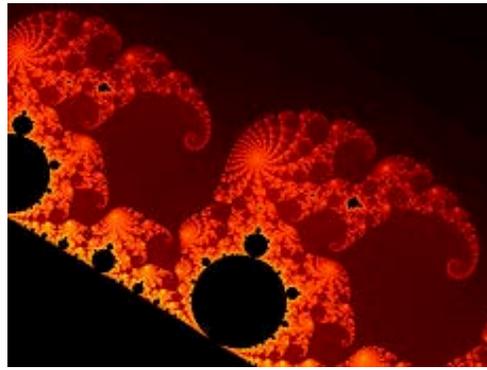
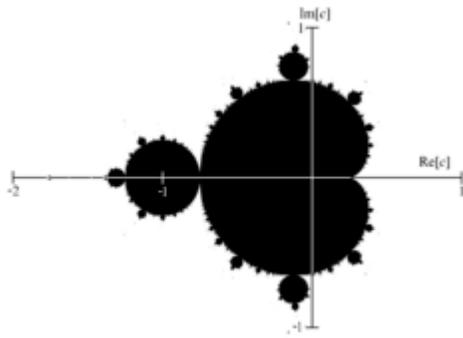
La obra de Maurits Cornelis Escher ha interesado a muchos matemáticos.





## **Benoît Mandelbrot**

(Varsovia, Polonia, 20 de noviembre de 1924 - Cambridge, Estados Unidos, 14 de octubre de 2010[1] ) fue un matemático conocido por sus trabajos sobre los fractales. Es considerado el principal responsable del auge de este dominio de las matemáticas desde el inicio de los años setenta, y del interés creciente del público. En efecto, supo utilizar la herramienta que se estaba popularizando en ésta época - el ordenador - para trazar los más conocidos ejemplos de geometría fractal: el conjunto de Mandelbrot por supuesto, así como los conjuntos de Julia descubiertos por Gaston Julia quien inventó las matemáticas de los fractales, desarrollados luego por Mandelbrot.



## Artistas contemporaneos relacionados con la biología:

### Julian Voss-Andreae

Escultor de origen alemán con sede en Portland (Oregón). , estudió Física en Berlin, Edimburgo y Vienna. Voss-Andreae, tuvo la oportunidad de participar en un experimento que demostró que la dualidad de las partículas, a manera de ola, en las moléculas a gran escala. Desde que se mudó a América, Voss-Andreae decidió expresar en términos de arte sus consideraciones científicas. Como resultado de esta iniciativa surgieron los “Objetos Cuánticos”, una tentativa por plasmar a gran escala el curioso comportamiento de los objetos, desde la perspectiva cuántica y a escala subatómica.

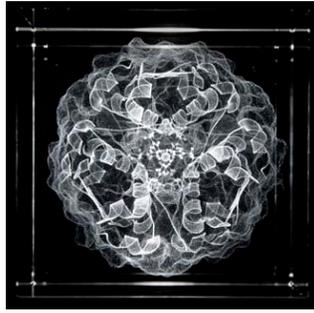




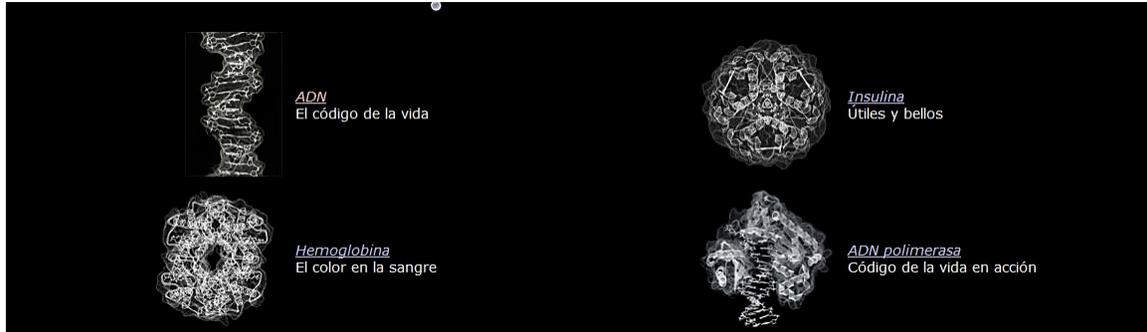
Tall Fir Alpha Helix  
2003 Julian voss Andreae

### **Bathsheba Grossman (1966 )**

es un artista en Santa Cruz, California, que crea esculturas con diseño asistido por ordenador y modelado en tres dimensiones, con tecnología de impresión de metal para producir la escultura en bronce y acero inoxidable. Su esculturas son principalmente matemáticas en la naturaleza, a menudo representan patrones intrincados o curiosidades matemáticas (por ejemplo, una figura de un solo lado, pero tres aristas ). Entre sus trabajos, tiene cristales que se han grabado láser con los patrones de tres dimensiones, incluidos los modelos de las estrellas cercanas, el ADN macromolécula , y la Galaxia Vía Láctea .



La insulina, uno de los triunfos definición médica de nuestra época. Obra realizada en cristal por Bathsheba Grossman



## Jivan Astfalck:



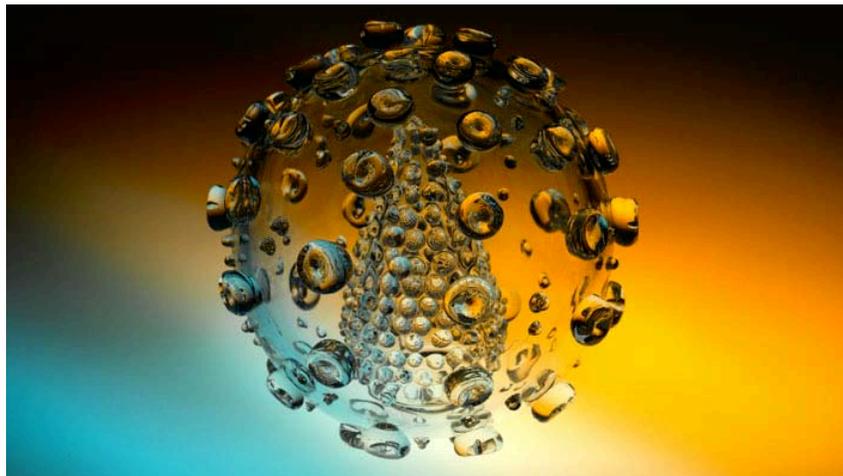
Jivan Astfalck: Profesor en el instituto de Arte y diseño de Birmigam Pulse. Selección del trabajo para la exposición Schmuck Origins Exhibition, Germany. Sandra Wilson, Jivan Astfalck, Bernard de Bono 2004. Photo: Jivan Astfalck

## Bridie Lander:



explora los aspectos biológicos de la metamorfosis, contempla el mundo de la división celular en conjunción con configuraciones geométricas. Usa máscaras de tela, textura y estructura, con el objetivo de jugar con los opuestos y crear nuevas formas organizadas escultórico.

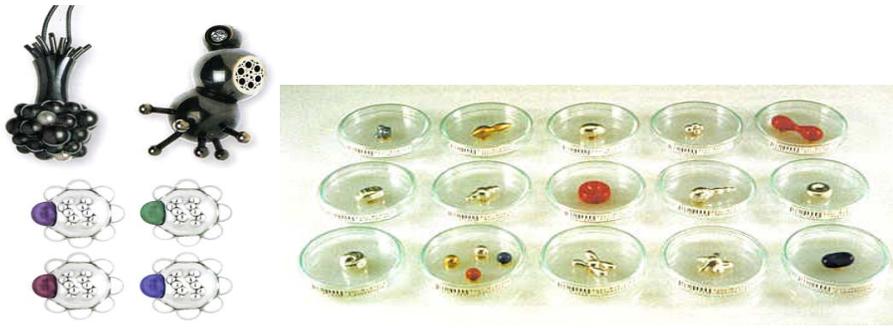
## Luke Jerram



Microbiología de vidrio

Empezó su carrera artística en 1997. La práctica multidisciplinar de Luke Jerram implica la creación de esculturas, instalaciones, acciones artísticas y objetos de regalo.

## Paul McClure

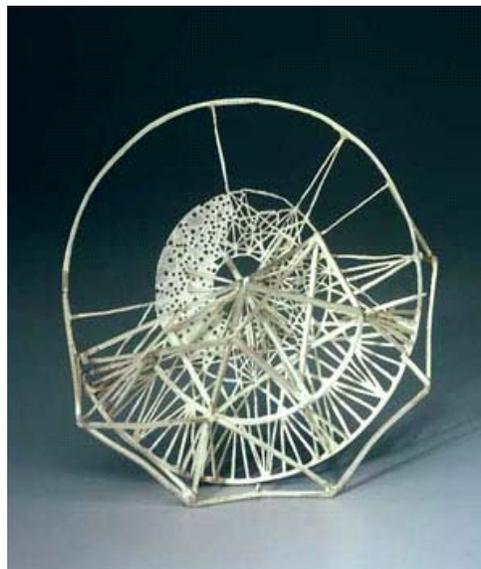


**"Memento Mori"**

Células, (broches), 1999–2002

de plata, oro, cobre, resina, neodimio, imanes, placas de Petri de vidrio  
18 x 12 x 1 "

**Martina Mináriková**



Martina Mináriková

Brooch: Cytoskeleton 2001

Silver

75 x 70 x 25 mm

(..) El proyecto sobre el hombre y el cuerpo humano, titulado "Creación" es un proyecto de carácter artístico y educativo. Se interconecta la ciencia, las artes y la filosofía. Busca similitudes formales y el director del universo y el micro mundo. Se basa en penetrar en el microcosmos del cuerpo humano y tratar de visualizar la lógica y la secuencia de procesos que tienen lugar en la dimensión de los mundos atómicos, moleculares y celulares. Consistirá en modelos 3D de un personaje joyas, o más bien los regímenes de estos procesos reales que tienen lugar en el cuerpo humano, por lo que su posible existencia.

## George Dobler

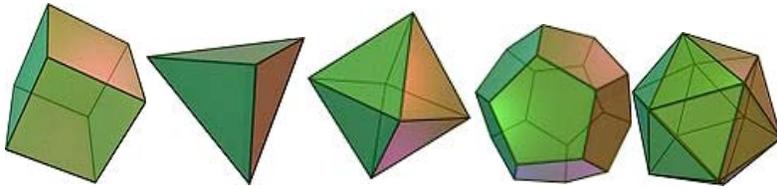


Georg Dobler de interés en la naturaleza no termina con la captura de la belleza de una flor de tallo con la yema y la hoja; que pretende poner de manifiesto cómo su forma orgánica parece ser la expresión de un equilibrio estructural. En el trabajo de Dobler se puede ver una doble lectura de la obra figurativa naturalista: para dar énfasis en todo su encanto sensual, también hay una insistencia en la lógica rígidamente las estructuras orgánicas que revelan así una identidad abstracta. En su investigación de los motivos florales, la artista utiliza los medios tecnológicos – por ejemplo, las investigaciones espectroscópicas de células y moléculas –, y de allí incorpora los datos científicos en forma figurativa. La realidad de los sentidos, aparece así como una revelación de una complejidad subyacente, con el artista que representa no sólo la forma y el color, sino también la estructura implícita.

### Textos relacionados:

Timeo de Locri, en el diálogo de Platón dice «El fuego está formado por tetraedros; el aire, de octaedros; el agua, de icosaedros; la tierra de cubos; y como aún es posible una quinta forma, Dios ha utilizado ésta, el dodecaedro pentagonal, para que sirva de límite al mundo».

Tetraedro   Hexaedro   Octaedro   Dodecaedro   Icosaedro



## **Naturphilosophie o Filosofía de la Naturaleza**

fue una corriente de la tradición filosófica del idealismo alemán del siglo XIX ligada al Romanticismo. Inspirada en la Crítica del Juicio de Kant y en la obra de Fichte, Friedrich Schelling fue su principal promotor. Frente al mecanicismo de la física clásica, la Naturphilosophie defendió una concepción orgánica de la ciencia en la que el sujeto juega un papel esencial, concibiéndose el mundo como una proyección del observador.

La correspondencia entre el micro y el macrocosmos lleva a considerar la naturaleza como un "organismo global". Naturphilosophie defendió una concepción orgánica de la ciencia en la que el sujeto juega un papel esencial, concibiéndose el mundo como una proyección del observador.

## **Biological metal art:**

Es un nuevo movimiento en el campo de la joyería artística, en la que las formas biológicas sirven como modelos al artista. Se hace incapié en replicar exactamente la naturaleza.

Biological metal art puede ser considerado una versión moderna del movimiento Art Nouveau en el diseño de joyas y arte. Vivienne Becker, trabajó sobre este tema, en el libro Joyería Art Nouveau (Art Nouveau Jewelry. London: Thames and Hudson.) y aporta detalles de la influencia de la naturaleza en el arte nouveau de joyeros como Vever Aucoc, Lalique, Wolfers y Falize. Algunos orfebres con estilo Art Nouveau (en Francia sobre todo) fueron influenciados, enormemente, por el arte importado de Japón por Samuel Bing en el que la imitación de la naturaleza fue un tema importante. Así, el movimiento Biological metal art representa un renacimiento del arte nouveau en la joyería.