

Vida microscópica en el universo

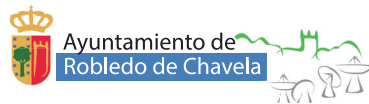
DE LA SIMA A LAS ESTRELLAS



DE LA SIMA A LAS ESTRELLAS

Vida microscópica en el universo

Interpretaciones plásticas sobre el origen
de la vida en la tierra y más allá



Catálogo de la exposición.

Del 3 al 26 de julio 2023.

Claustro Real Centro Universitario María Cristina.

San Lorenzo de El Escorial

Comisariado:

Marta de Cambra y José Carlos Espinel

Organiza:

Ayuntamiento de Robledo de Chavela y

Grupo de Investigación Sostenibilidad, Ciencia y Arte, de la Universidad Complutense (SCIART-UCM)

Imagen de Portada: Luis Mayo "Estromatolitos como Babel" (2023)

Diseño y maquetación: José Carlos Espinel

Línea del tiempo: Concha Herrero, Marta de Cambra y José Carlos Espinel

ISBN: XXXX-XXXX-XXXX

Artistas Participantes

Marta De Cambra
Mónica Cerrada
José Carlos Espinel
Paula García Fernández
Victor García Peco
Nerea Garzón Arenas
Luis Javier Gayá Soler
Juan Gea
Gema Goig
María De Iracheta
Claudio José Magalhães
Javier Mañero
Luis Mayo
Jennifer Parker
Marta Milagros Pérez De Camino

Asesoramiento Científico

Concha Herrero Matesanz

Texto Alcade



Detalle de "Zonas Habitables: vivimos en la Vía Láctea" de Jennifer Parker

LA VIDA MICROSCÓPICA EN LA TIERRA

CRONOLOGÍA DE ALGUNOS EVENTOS

La Tierra surgió hace unos 4.500ma, y la vida en nuestro planeta comienza su andadura un poco después de los 4.000 ma. Hace unos 3.465ma aparecen fosilizadas las cianobacterias, que son organismos microscópicos unicelulares procariotas. Más tarde, hacia los 1.755ma, se encuentran los primeros microorganismos unicelulares eucariotas, los acritarcos, que presentaban cápsulas protectoras de naturaleza orgánica.

Ya en la Era Paleozoica surgen los esqueletos mineralizados en los microorganismos unicelulares. Los foraminíferos, con esqueleto aglutinado y calcáreo, aparecen hace unos 539 ma, y los radiolarios, con esqueleto silíceo, se registran por primera vez hace unos 509ma. Otros fósiles de microorganismos unicelulares, de gran interés para los paleontólogos, se encuentran posteriormente, en la Era Mesozoica. Los dinoflagelados con cápsula orgánica aparecen hace unos 240 ma; las cocolitoforales con esqueleto calcáreo hace unos 208 ma; y las diatomeas y los silicoflagelados con esqueleto silíceo hace unos 114 ma

y 113 ma, respectivamente. Todos ellos siguen poblando los ecosistemas acuáticos marinos actuales, y algunos también los de aguas dulces.

La exposición presenta una serie de obras (dibujo, grabado, pintura, escultura), basadas en los principales organismos microscópicos unicelulares que se conservan en el registro fósil, y se vertebra mediante una representación del Tiempo Geológico, no a escala, donde se ilustran sus primeras apariciones, junto a los primeros registros de algunas plantas y animales. Cada grupo de organismos microscópicos unicelulares, representado en la obra artística, va acompañado de un breve texto introductorio que nos habla de sus características principales, sus morfologías, su importancia y su utilidad en Geología y Paleontología. Asimismo, se incluyen las explicaciones de las obras hechas por los propios artistas.

Dra. Concha Herrero Matesanz
Departamento de Geodinámica, Estratigrafía y Paleontología UCM

LÍNEA DEL

L TIEMPO



Detalle de "Sienas" de Marta de Cambra.

ESTROMATOLITOS

LAS PRIMERAS FORMACIONES ORGÁNICAS

Concha Herrero

Los primeros organismos de los que tenemos registro, en las rocas presentes en la Tierra, son unicelulares microscópicos sin núcleo celular definido, que pertenecen a los grupos de las bacterias, cianobacterias y calcimicrobios. Actualmente algunos de estos seres pueden ser fotosintéticos o no serlo, mientras que en los orígenes del planeta Tierra eran microorganismos anaeróbicos, capaces de sobrevivir sin oxígeno.

Aunque estas cianobacterias y calcimicrobios pueden conservarse en las rocas de manera excepcional, lo habitual es preservar las estructuras que ellos producen, los llamados estromatolitos. Estos constituyen formaciones pétreas laminares, producto del atrape de sedimento y de la precipitación de carbonato cálcico debida al metabolismo de la célula. Los estromatolitos presentan morfologías muy diversas en la actualidad, y también en el registro fósil; los hay laminares, esféricos, en forma de domo, columnares..., y generan bioconstrucciones de tamaños muy variados, desde pocos milímetros o centímetros, a decenas de metros.

Los estromatolitos aparecen en el Eón Arcaico, hace unos 3.700 ma, y presentaron sus máximas abundancias entre 1.600 ma y 1.000 ma. Hoy en día son poco numerosos, pero se encuentran en ecosistemas muy variados. En el continente aparecen en las aguas dulces o saladas de lagos, tanto a nivel del mar como a más de 2.900 m de altura. En las aguas salobres, saladas o hipersalinas de mares y océanos están presentes desde las zonas litorales a los fondos abisales. Incluso se forman en ambientes extremos, ácidos y sin oxígeno, por lo que son referentes en Astrobiología para buscar indicios de vida en otros planetas como Marte (por ejemplo, el río Tintillo en Huelva). En Geología y Paleontología utilizamos los estromatolitos para interpretar el ambiente donde se formaron las rocas, y para datar el registro geológico entre 2.500 ma y 1.000 ma.

Luis Mayo

Estromatolito como Babel, 2023

46 x 65 cms. Temple sobre lienzo

Los Estromatolitos son representados en mi pintura como ciudades pétreas, como si fueran torres de Babel generadas naturalmente; los andamios representan la actividad de soldado de sedimentos que realizan estos microorganismos. Las montañas de ladrillos que he pintado representan la “fábrica” de los estromatolitos, metáfora científica que explica su reserva constructiva de sedimentos.

Como fuentes de inspiración visuales he utilizado la pintura de Brueghel el viejo de la torre de Babel (1563) combinada con una foto de estromatolitos actuales en la Bahía Shark de Australia tomada por Lucía Calafate en el año 2020.

Para realizar mi imagen me he inspirado en un artículo científico de Marta Rodríguez en el que define a los estromatolitos como “rocas bioconstruidas por la actividad de microorganismos. que atrapan y fijan los sedimentos” que se postulan como arquitectos microscópicos de rocas autogeneradas.



El texto científico dota de voluntad ingenieril a los microbios que “cazan y pegan” en láminas el polvo, este símil me hace imaginar a los estromatolitos como a los obreros en el interior de la cueva en la serie televisiva de los Fraggles de Jim Henson (1983).

Rodríguez, Marta (Rodríguez Martínez) y Menéndez, Silvia y Moreno-Eiris, Elena y Calonge, Amelia y Perejón, Antonio y Reitner, Joachim (2010) Estromatolitos: las rocas construidas por microorganismos. *Reduca. Geología*, 2 (5). pp. 1-25. ISSN 1989-6557”

Marta de Cambra

JohnDee, 2023

Ø 18cm. Técnica mixta, materias primas y arcillas

Los estromatolitos representan y dibujan en mi escultura un amasijo de arcillas que en finas y abruptas láminas sedimentarias forman una esfera visionaria y clarividente. Esta esfera, como la bola de cristal de los druidas, de los alquimistas o adivinadores nos llevará a encontrar el presente, el pasado y el futuro de los vestigios del origen de la vida desde las bellas y caprichosas formas de los estromatolitos incluso más allá de nuestro planeta.

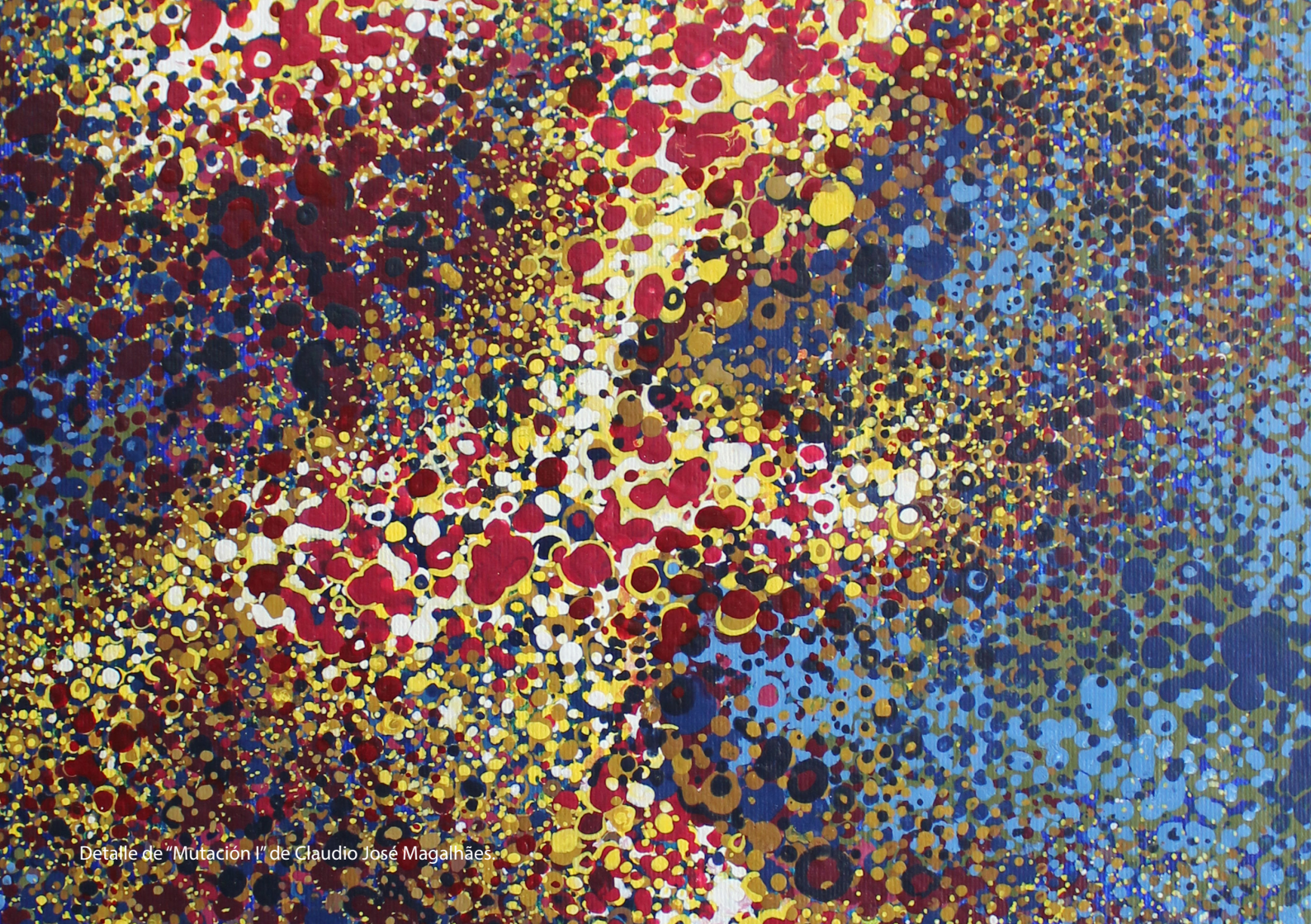
La Doctora María Eugenia Farías descubrió estromatolitos en la Puna salteña (Argentina). Puna es el ambiente más parecido a Marte en la tierra. La teoría de la panspermia dice que la vida se extiende por el universo a través de meteoritos o polvo cósmico en forma de una molécula; esta vida llega a un planeta que es hostil como era la Tierra hace 4500 millones de años. El artículo de la Doctora Farías me sugiere la idea de la simultaneidad del presente, del pasado y el futuro, los resultados morfológicos obtenidos de las estructuras de las rocas sedimentarias del cráter Gusev en Marte se vinculan a las estructuras fósiles de los estromatolitos de la tierra.



...“La investigación morfológica Athena del rover Spirit muestra microestructuras organizadas en filamentos entrelazados de microesférulas: una textura que también hemos encontrado en muestras de estromatolitos terrestres y otras microbialitas”.

Como un campo arado en barbecho, las microesférulas se entrelazan en filamentos formando microestructuras parecidas a las de los estromatolitos, enlazando el pasado hacia un futuro abierto .

Microbialites at Gusev Crater, Mars’ Journal of Astrobiology & Outreach 3(5) (2015) Bianciardi Giorgio, y Rizzo, Vincenzo, y Farías, María Eugenia, y Cantasano, Nicola. ISSN:2332-2519 JAO, an open access journal. Volume 3 • Issue 5 • 1000143



Detalle de "Mutación I" de Claudio José Magalhães.

ACRITARCOS

LOS PRIMEROS MICROORGANISMOS EUCARIOTAS

Concha Herrero

Los primeros organismos microscópicos unicelulares eucariotas, es decir, con núcleo celular definido, y que fueron capaces de realizar la función fotosintética, son los denominados acritarcos. Este grupo es considerado un cajón de sastre, que incluye microorganismos, mayoritariamente fósiles, que son difícilmente clasificables desde el punto de vista biológico; de hecho, la palabra acritarco hace referencia a su origen desconocido y su afinidad biológica incierta.

La célula del microorganismo se protegía dentro de una cápsula, denominada vesícula, compuesta por una sustancia orgánica muy resistente a los ácidos, favoreciendo así la fosilización y su preservación en las rocas. La vesícula presenta morfologías variadas (esférica, ovoidal, triangular...), y de ella pueden salir proyecciones a modo de espinas, procesos simples, bifurcados, ramificados o membranas. Su superficie externa puede ser lisa o presentar ornamentaciones diferentes (gránulos, espinas, retículos...). Sus tamaños son muy pequeños, y varían entre 0,020 mm y 0,14 mm.

El primer registro de los acritarcos se produjo en el Proterozoico, hace unos 1.755 ma, y su máxima abundancia la encontramos en la Era Paleozoica. Son exclusivamente marinos y viven suspendidos en el agua, desde los ambientes poco profundos litorales hasta el mar abierto en condiciones oceánicas. Al ser fotosintéticos, forman parte del primer escalón de la cadena alimenticia de los océanos, los denominados, productores primarios. Están presentes desde el polo al ecuador, y su distribución está controlada por la temperatura. En Paleontología utilizamos este grupo de microorganismos para establecer cinturones climáticos en el Paleozoico inferior (entre 549-444 ma), para datar las rocas de edades comprendidas entre 1.700 ma y 419 ma, y para establecer el límite entre el Eón Proterozoico y el Eón Fanerozoico, hace aproximadamente 539 ma.

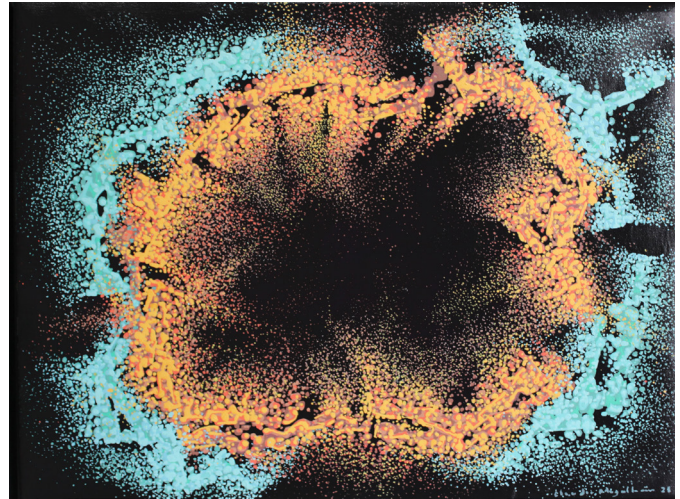
Claudio José Magalhães

Emanación

Acrílico sobre lienzo. 50 x 38 cm

Los acritarcos son representados en mis pinturas como estructuras en cambio constante. Las ideas que me atraen generalmente guardan sentido con el cambio constante y con las sensaciones de acidez relacionadas a ciertos colores y sustancias. Así, me encontré con estas estructuras orgánicas que derivaron a un grupo llamado "acritarcos anormales" que surgieron de los cambios de temperatura y luminosidad locales. Me enfoqué en esas condiciones, además de la forma alterada que poseen estos microorganismos, cargadas de 'ornamentaciones y crestas membranosas' (Rodríguez,2005).

Los títulos de las obras reflejan parte de estos intereses y remiten a la conformación de estas estructuras: Mutación y Emanación. En este sentido, traté de plasmar formas donde colores fríos y calientes se mezclan, y variaciones de luz y sombra se alternan, para ofrecer una imagen de algo en un estado de conformación, agregación o dispersión. De este modo, de los variados puntos de colores surgen estas estructuras distorsionadas, generando una forma cuyo sentido y origen está en un proceso vinculado a la 'anormalidad'.



Como fuente de inspiración visual he utilizado sobre todo las esculturas biomórficas de Jean Arp que tienen relación con formas orgánicas en expansión, piezas como *S'élevant* (1962) y *La estrella* (1938-1960) son ejemplos de ello.

Acritarcos anormais: Um caso teratológico no limite llandoverly/wenlock na bacia do amazonas, Brasil. (Rodrigues, Maria Antonieta C., Cardoso, Tereza Regina M. Arquivos do Museu Nacional, Rio de Janeiro, v.63, n.3, p.385-393, jul./set.2005).

Juan Gea

Espejo de realidad

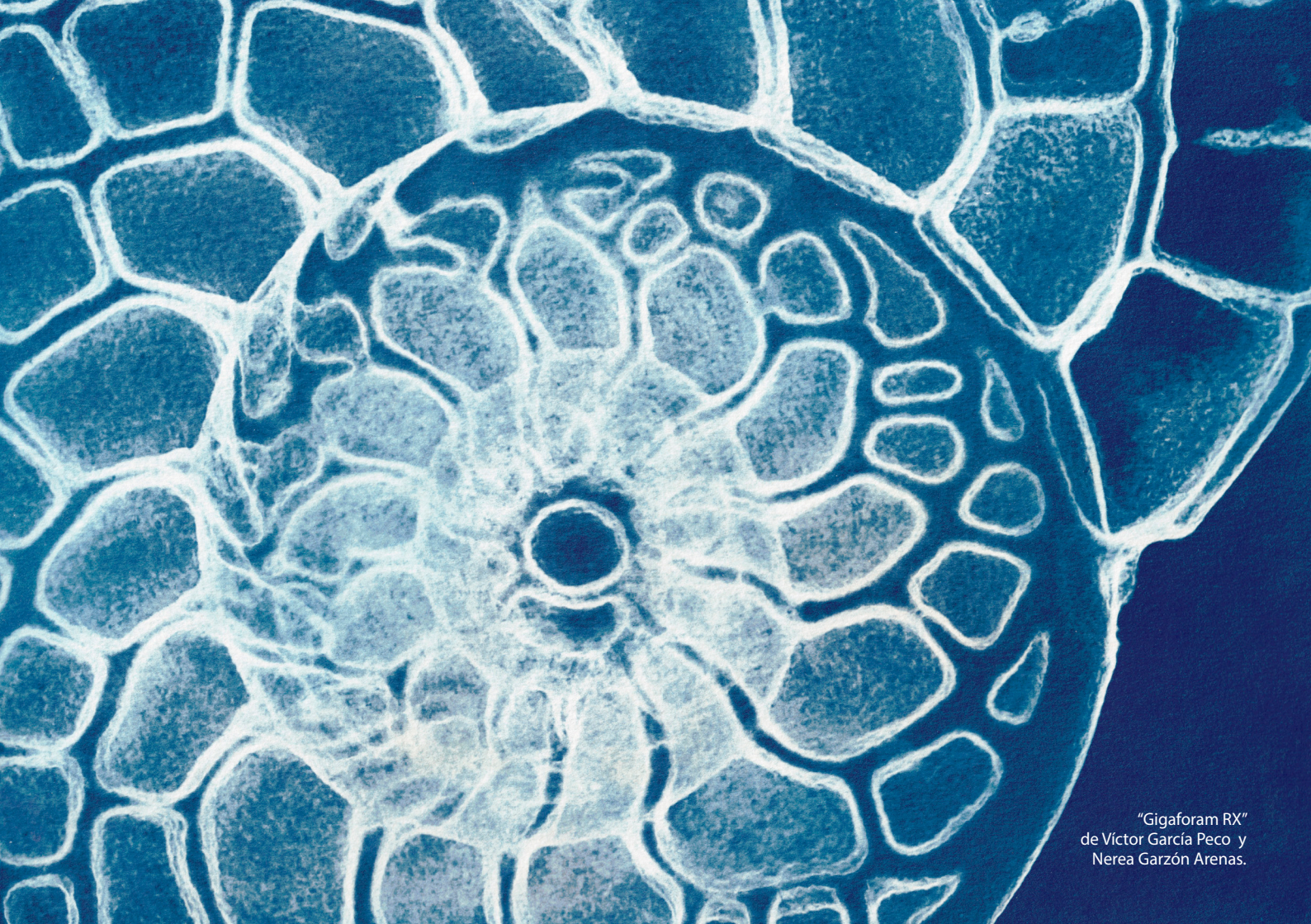
Escultura digital / Impresión en resina fotopolimérica. 15 x 10 x 30 cm

Los Acritarcos son representados en mi escultura como elementos geométricos perfectos de aspecto orgánico. Como fuentes de inspiración visuales he utilizado imágenes del artículo “Los enigmáticos acritarcos” de Fernando Castaño, donde se aprecia la variedad geométrica de estos seres. Para realizar la escultura me he inspirado en el artículo científico “Perspectivas recientes en evolución Vegetal” de José S. Carrión y Baltasar Cabezudo donde se mencionan las características estructurales de estos seres y como dejan pocas dudas a su origen eucariótico, a su vez destaca su importancia en la explosión cámbrica de invertebrados marinos y como pudieron representar la base alimentaria de los invertebrados cámbricos.

En la obra plasmo mediante la estructuración geométrica perfecta de múltiples elementos estos seres que con el paso del tiempo, representado en una espiral cónica ascendente hasta el momento de su extinción, propiciaron la creación de una atmósfera habilitante para la vida posterior, representada en una espiral cónica ascendente invertida, así mismo en su conjunto la obra representa un reloj de arena perverso que nos deja ver unos acritarcos vivos, abriéndose camino desde el fondo ma-



rino, flagelados, en movimiento y en gran cantidad en sus primeros momentos, unos acritarcos inertes, ya sin partes blandas, tal y como los encontramos hoy fosilizados y una atmósfera, sin presencia de acritarcos, que sin perdonarles hace aparecer la explosión de vida posterior. Por último, una tercera dimensión que represento en la obra es la simetría existente entre la vida y la vida por ser, como ningún ser vivo es importante ni deja de serlo, como la espiral inferior muestra la vida y como la espiral superior representa la vida, es un espejo de realidad.



"Gigaforam RX"
de Víctor García Peco y
Nerea Garzón Arenas.

FORAMINIFEROS

LOS MICROFÓSILES MÁS COMPLEJOS, ABUNDANTES Y DIVERSOS

Concha Herrero

Son uno de los pocos microorganismos unicelulares eucariotas que pueden adquirir dimensiones visibles al ojo humano; incluso alcanzando tamaños mayores de 7 cm en algunos momentos del pasado. Es el primer grupo observado en las rocas por la humanidad; debemos su descubrimiento a los griegos en el siglo V antes de nuestra era. Son protozoos acuáticos y algunos pueden hospedar microorganismos fotosintéticos en su interior. La célula construye una concha protectora formada por cámaras sucesivas conectadas por orificios, los forámenes, término latino que da nombre al grupo.

La concha puede ser de naturaleza orgánica, aglutinada o calcárea, siendo las dos últimas las que podemos encontrar conservadas en las rocas. Sus formas son muy diversas, desde esferas simples o tubos con pocas cámaras, a morfologías con enrollamientos en espira plana o helicoidal, con muchas cámaras y particiones internas, que producen arquitecturas muy complejas. La superficie de las conchas puede ser lisa o

presentar ornamentación que va desde espinas de distinta longitud a estrías y costillas fuertes que pueden combinarse dando retículos. Los tamaños medios del grupo se encuentran entre los 0,1 mm y los 2 mm.

Los foraminíferos aparecen en la Era Paleozoica (Cámbrico), hace unos 539ma. Forman parte del segundo escalón de la cadena alimenticia, nutriéndose de microorganismos presentes en el primer escalón. Habitan principalmente aguas marinas; unos grupos viven en el fondo, desde el litoral hasta zonas abisales, y otros, flotando o suspendidos en el agua a distintas profundidades. En Paleontología los utilizamos para datar las rocas, interpretar los ecosistemas marinos antiguos, y establecer las temperaturas de los océanos del pasado. Además, son muy útiles en la detección de la contaminación y la acidificación de las aguas marinas producida por los humanos.

Víctor García Peco y Nerea Garzón Arenas

Heterostegina sp.

14,5 cm de diámetro. Impresión 3D en PLA.

Marginopora sp.

14,5 cm de diámetro. Impresión 3D en PLA.

Los foraminíferos son representados en nuestras esculturas como modelos didácticos que permiten apreciar la diversa morfología microscópica de dos géneros actuales: *Heterostegina* y *Marginopora*. Ambas conchas son de naturaleza calcárea y presentan una estructura interna compleja con particiones internas. Para su estudio se requiere de medios que no están al alcance de muchas personas por lo que estos modelos pueden acercar el mundo invisible a los ojos de la población (G. Peco et al., 2021).

Como fuente de inspiración hemos empleado los modelos para el estudio de las Ciencias Naturales de los siglos XIX y XX del Dr. Auzoux. Éstos permiten separar las piezas y apreciar la estructura anatómica con el rigor necesario para fines pedagógicos (García Fernández, 2021). Asimismo, nos hemos basado en ilustraciones científicas de libros como *Foraminiferal genera and their classification* (Loeblich & Tappan, 1988).



Heterostegina sp.

Marginopora sp.

Estas obras han sido posibles gracias al asesoramiento científico y los ejemplares de la Colección de la Dra. Concha Herrero (Dpto. GEODESPAL, Facultad CC. Geológicas, UCM). Hemos reconstruido los modelos a partir de imágenes tomográficas de los ejemplares, obtenidas por Adrián Belarra Rodríguez y la Dra. Margarita Chevalier (Laboratorio de micro-CT, Dpto. de Radiología, Rehabilitación y Fisioterapia, Facultad de Medicina, UCM). Posteriormente la Dra. Herrero, especialista en Micropaleontología, ha supervisado el resultado morfológico. Finalmente, hemos ampliado la escala e impreso en 3D con un material orgánico y biodegradable.

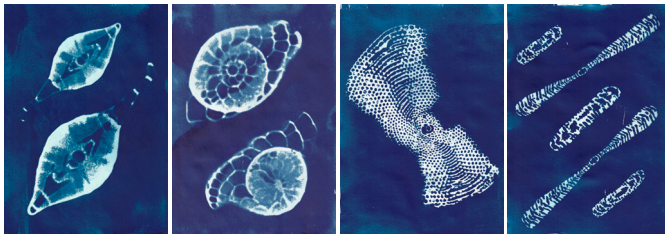
Nerea Garzón Arenas y Víctor García Peco

Secciones axiales y ecuatoriales oblicuas

Cianotipia sobre papel. 29,5 x 20,8 cm (cada una)

Estas imágenes presentan foraminíferos ficticios de otro planeta, similares pero gigantes. Combinando realidad y ficción, aplicamos las leyes de la Tierra en la explicación de sus características. Su tamaño se atribuye a una genética distinta y condiciones ambientales óptimas, como en el Carbonífero con artrópodos gigantes debido a una mayor concentración de oxígeno atmosférico. La semejanza se debe a la convergencia evolutiva, donde diferentes grupos de especies desarrollan adaptaciones similares bajo presiones de selección ambiental comparables.

Heterostegina y *Marginopora* albergan microalgas que realizan la fotosíntesis ayudando a secretar su concha y producir energía. Por



Gigaforman

Megaforam

ello, inspirados en el primer libro ilustrado completamente con fotografías, “Photographs of British Algae: Cyanotype Impressions” (Atkins, 1843), donde la autora combinó la investigación científica, la experimentación tecnológica y la expresión artística (Iker, A., 2020), empleamos la cianotipia. Proceso químico que utiliza los rayos solares para producir imágenes azul “ultramar” y que ella empleó para representar especímenes botánicos con detalle suficiente para distinguir especies (Lotzof, 2018).

Nuestro trabajo utiliza diversas perspectivas y técnicas, comenzando con la divulgación científica a través de esculturas realistas con fines educativos. Utilizando tomografía computarizada (realizada por Adrián Belarra y la Dra. Margarita Chevalier, UCM) y renderizado, creamos impresiones 3D de foraminíferos basadas en ejemplares de la Colección de la Dra. Herrero (UCM). Luego, los interpretamos plásticamente mediante cianotipias, extrapolando la apariencia de posibles organismos de otro universo. Esculturas y cianotipos se complementan, ya que los cortes realizados en las primeras facilitan la comprensión de las secciones de los últimos.



Detalle de "Radiolarios 2.0" de María de Iracheta.

RADIOLARIOS

LOS PRIMEROS MICROFÓSILES EN EL ARTE

Concha Herrero

En 1859 el biólogo alemán Ernst Haeckel descubrió los radiolarios, un grupo de microorganismos unicelulares eucariotas, y lo hizo a partir de la observación al microscopio de gotas de agua de mar en la isla de Sicilia. En 1862 publicó su primer libro sobre este grupo que incluía exquisitas laminas en color de radiolarios, combinando, quizás por primera vez, arte y ciencia a nivel microscópico. Su obra '*Art forms in Nature*' es considerada como la precursora del movimiento Art Nouveau.

Los radiolarios son protozoos acuáticos, y pueden alojar en su interior microorganismos fotosintéticos que les ayudan en la alimentación. Construyen un esqueleto protector completamente transparente y muy delicado, de composición silíceo, la llamada sílice opalina. Este esqueleto forma cápsulas porosas de morfologías variadas, desde esféricas, discoidales, elipsoidales o trirradiadas con cápsulas concéntricas, a cónicas con cápsulas sucesivas y distintos tipos de espinas, más o menos prominentes. Sus tamaños medios varían entre 0,05-0,4 mm.

Conocemos los radiolarios desde la Era Paleozoica (Cámbrico medio), hace aproximadamente 509 ma, y llegan hasta nuestros días. Son exclusivamente marinos, y viven flotando en aguas superficiales o suspendidos en los océanos a distintas profundidades, pudiendo estar presentes a más de 2.000 m. Forman parte del segundo escalón de la cadena alimenticia, nutriéndose de otros microorganismos fotosintéticos o no, procedentes de los dos primeros peldaños de esta cadena. Están presentes desde el polo al ecuador, y su distribución está controlada por la temperatura y las corrientes marinas. En Paleontología utilizamos este grupo para datar las rocas procedentes de fondos marinos muy profundos (más de 4.000 m) y para reconstruir la circulación oceánica en los mares del pasado.

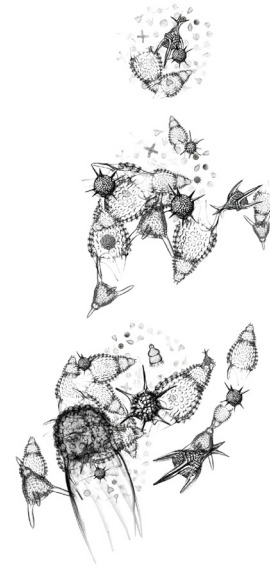
María De Iracheta

Radiolarios 2.0

Dibujo digital interactivo con RA sobre papel. 50 x 70 cm.

Los Radiolarios se agrupan en esta obra digital formando pequeñas aglomeraciones interactivas que poco a poco van construyendo una figura humanoide. Estos microorganismos pueblan los océanos y el ser humano está formado por gran cantidad de agua, por lo que nos lleva a pensar si no sería posible, encontrar una versión de los mismos que quisiera comunicarse con nuestra especie adoptando formas antropomorfas.

Como fuentes de inspiración visuales, han sido importantes los dibujos de Ernst Haeckel o los retratos de Arcimboldo, las metáforas de Jaume Plensa, o los fotogramas de películas como *Under the Skin* (Jonathan Glazer, 2013) y *Annihilation* (Alex Garland, 2018). Para llevarla a cabo, se han tomado de referencia fotografías del autor *Picturepest*, que han servido de base para la obra gráfica digital presentada. Posteriormente se ha realizado una animación stop motion que se ha implementado sobre la obra impresa a través de realidad aumentada lo que sirve de metáfora, ya que de la misma forma que estos pequeños seres son solo visibles a través de un microscopio, es necesaria la interacción del público mediante la aplicación *Artive* para descubrir la obra completa.



María Mallo Zurdo (2015) habla en su tesis doctoral de cómo el ser humano no deja de inspirarse en la naturaleza, por lo que la obra presentada plantea una doble propuesta, la de ver a los radiolarios agruparse a nuestra imagen y semejanza en pos de una mirada antropocéntrica o, por el contrario, un recordatorio de nuestro origen común en el agua.

Sistemas radiolarios. Geometrías y arquitecturas derivadas de María Mallo Zurdo (UPM, 2015)

Paula García Fernández

Tileado Radiolario, 2023

Impresión 3D en PLA cromada. 50 x 50 x 3 cm .



Los Radiolarios representados en esta obra a modo de baldosas verticales han sido realizados mediante la proyección de relieve por mapa de alturas, desarrollado gracias al uso de software de escultura digital. Los modelos fueron posteriormente materializados mediante sistemas de impresión 3D en PLA.

Cada uno de los diseños de las piezas ha sido creado de manera individual mediante el uso de la Inteligencia Artificial, provocando la suma visual de influencias del arte islámico, ilustraciones científicas del siglo XIX y los propios registros Radiolarios captados mediante microscopios actuales.

Estas referencias tan concretas y diferentes conjugan en armonía visual debido a su configuración morfológica geométrica. Los propios microorganismos Radiolarios poseen en su mayoría un crecimiento hexagonal en sus paredes en enrejado. Esta apariencia tan particular que reviste su caparazón, es aquello que los hace realmente atractivos y sugerentes en apariencia. Enlazando su morfología ornamental originaria en la primitiva hexagonal se han desarrollado unos modelos inspirados en las estrategias de geometría vegetal entramada tan repetidas en el arte islámico, combinadas en apariencia con las ilustraciones de Ernst Haeckel (1834 – 1919), científico y artista que capturó de manera gráfica a los Radiolarios por primera vez en su publicación Monografía de los radiolaria (1862).



Detalle de "Tesoro marino" de José Carlos Espinel.

DINOFLAGELADOS

LA SUPERVIVENCIA DE CORALES Y ARRECIFES

Concha Herrero

Los dinoflagelados son organismos microscópicos unicelulares con dos flagelos, siendo muchos fotosintéticos. Algunos presentan bioluminiscencia, y una familia, las llamadas zooxantelas, es la responsable de la salud y subsistencia de los corales actuales de aguas poco profundas. Éstas viven en simbiosis dentro de los corales, y les proporcionan coloración y alimento. Si la temperatura de las aguas marinas sobrepasa de forma prolongada los 30°C, los corales expulsan las zooxantelas, produciéndose el blanqueamiento del coral y su posterior muerte. Los dinoflagelados también pueden ser mortíferos, su proliferación excesiva produce las llamadas mareas rojas que causan la muerte de otros muchos organismos.

Construyen un esqueleto protector de composición orgánica, y presentan alternancia de generaciones en su ciclo vital: el estadio teca (móvil, con pared proteica o celulósica) y el estadio quiste (bentónico, con pared de dinosporina). La resistencia a la degradación de la dinosporina permite que se conserven los quistes en las rocas, mientras que las

tecas se pierden en el proceso de fosilización. Sus tamaños medios varían entre 0,02-0,15 mm.

La primera aparición del grupo, como se conoce hoy en día, tiene lugar en la Era Mesozoica (Triásico medio-superior), hace unos 240ma. Sin embargo, se han encontrado marcadores biológicos de la dinosporina en rocas muy antiguas del Proterozoico; posiblemente, muchos acritarcos sean realmente dinoflagelados. Viven flotando en el agua de mares y océanos, aunque algunos también habitan ríos, lagos y zonas costeras. Son productores primarios importantes y ocupan el primer escalón de la cadena alimenticia. En Paleontología los utilizamos para datar las rocas cuando no existen microfósiles calcáreos, y en la detección de la contaminación generada por la humanidad en ambientes marinos oceánicos y costeros.

Jennifer Parker

Zonas Habitables: Vivimos en la Vía Láctea

Impresión digital. 61,9 x 122,9 cm.



La obra resultante es un dibujo de imágenes recopiladas tomadas por un Cybot de Flujo de Imágenes (IFCB) de plancton para imaginar una floración espacial en un collage en Panorama de 360° de la Vía Láctea por el proyecto ESO GigaGalaxy Zoom 2009.

El IFCB es un citómetro de flujo de imágenes sumergible automatizado in situ que genera imágenes de partículas en

flujo desde el entorno acuático. Parker usó el IFCB en el laboratorio de Santa Cruz, California, del profesor Kudela, para crear dibujos basados en el plancton que se encuentra en la región costera del Océano Pacífico Oriental.

Agradecimiento especial a las contribuciones de la pasante de UCSC, Karina Molina, por los bocetos de plancton.

José Carlos Espinel

Volavérunt

Escultura digital, impresión 3D en PLA. 33 x 31 x 30 cm.

Volaverunt es una especie imaginada de microorganismos que habitaron en Venus cuando su atmósfera y superficie eran habitables. Esta especie no habitaba el agua sino la atmósfera de Venus, nueve veces más densa que la de la Tierra, cuando Venus todavía albergaba vida. De ahí que los flagelos hayan sido sustituidos por unas aletas o alas que les permitiría impulsarse por el cielo.

Las grandes proliferaciones de dinoflagelados, son capaces de producir coloraciones del agua, más comúnmente conocidas como mareas rojas (Fernando Gómez, 2006) lo que me lleva a imaginar esas mareas de colores en el aire, como si de nubes de colores se tratase o incluso nubes luminosas, ya que estas especies pueden incluso tener bioluminiscencia. Si la fauna de los ecosistemas terrestres no deja de asombrarnos, ¿Qué no podremos encontrar en la infinitud del cosmos?.

Gómez, Fernando (2006) Historia de las investigaciones sobre dinoflagelados marinos en España". ILUIL, vol 19, 2007, 307-329. ISSN 0210-8615





Detalle de "Coccolithophoridae II" de Luis Javier Gayá.

COCOLITOFORALES

ALGAS MARINAS REGULADORAS DEL CARBONO ATMOSFÉRICO

Concha Herrero

Las cocolitoforales son organismos microscópicos unicelulares fotosintéticos que forman parte del llamado nanoplancton calcáreo, que incluye aquellos microorganismos que flotan y que tienen tamaños muy pequeños, menores de 0,05 mm. Ejercen un papel fundamental en el bienestar de los ecosistemas marinos, ya que son responsables de la fijación de parte del dióxido de carbono presente en la superficie de las masas de agua. Además, junto a otros componentes del plancton fotosintético, producen más del 50% del oxígeno atmosférico del planeta.

La célula construye un esqueleto externo protector de carbonato cálcico de forma esférica, la cocsfera, que está formada por entre 10 y 30 placas, denominadas cocolitos. Éstos tienen morfologías circulares, elípticas o poligonales, y se encuentran ensamblados unos con otros. En la actualidad podemos realizar la observación de las cocsferas completas al microscopio en pequeñas gotas del agua oceánica, mientras que en las rocas se suelen encontrar los cocolitos sueltos. Sólo aquellas cocsferas que presentan cocolitos solapados son susceptibles

de conservarse enteras en el registro fósil. Los tamaños medios de las cocsferas varían entre 0,015 mm y 0,05 mm, y los tamaños de los cocolitos entre 0,001 mm y 0,010 mm.

La primera aparición de las cocolitoforales tiene lugar en la Era Mesozoica (Triásico terminal), hace aproximadamente 208 ma. Viven flotando o suspendidas en el agua de los mares y océanos, aunque alguna especie puede habitar en agua dulce o agua hipersalina. Son importantes productores primarios, es decir, forman parte del primer escalón de la cadena alimenticia del que se nutren otros organismos. En Paleontología usamos este grupo para averiguar la edad de las rocas, y para interpretar las temperaturas, el clima y la circulación de los océanos en el pasado de la Tierra.

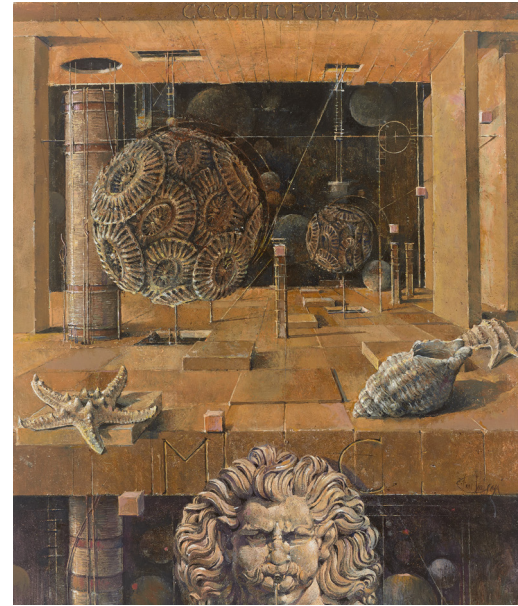
Luis Javier Gayá

Coccolithophoridae I

Óleo sobre tabla. 60 x 50 cm.

La interpretación plástica que he realizado de los coccolitoforales, es una visión teatral soñada, modificando su escala para darle así un mayor protagonismo de cómo podría ser el universo marino que rodea estos microorganismos.

De los artículos científicos que he leído y que más me han influido destacaría el de la doctora Pilar Saavedra Pellitero, que me ha hecho imaginar una escenografía marina dónde aparecen los coccolitoforales flotando en el fondo oceánico como si fueran boyas a la deriva. En la parte inferior de la obra aparece una supuesta fábrica que crea las estructuras de estos microorganismos que hacen que se reproduzcan con facilidad. La sedimentación del fondo marino es de color ocre, dividida en bloques de piedra que representan las rocas donde han quedado grabadas con el paso del tiempo las estructuras de estos microorganismos en su interior desde hace más de 225 millones de años, siendo un testimonio fósil. Su configuración recuerda a unos engranajes mecánicos como si fueran estructuras creadas por la razón, por el hombre. Las líneas geométricas que ambientan la esceno-



grafía quieren dar ese sentimiento de movilidad y a la vez de fragilidad que da la mecánica. El fondo oscuro y el juego de perspectiva acentúa esa sensación de escenografía, de misterio, a la vez que de profundidad.

Tesis doctoral de Pilar Mariem Saavedra Pellitero, Universidad de Salamanca. "Reconstrucción de las características ambientales de las masas de agua superficiales del Pacífico y Atlántico del último ciclo climático mediante el desarrollo de una función de análogos con coccolitos" (2009).

Javier Mañero

Coco-cosmo-lito

Escayola, fieltro y madera.

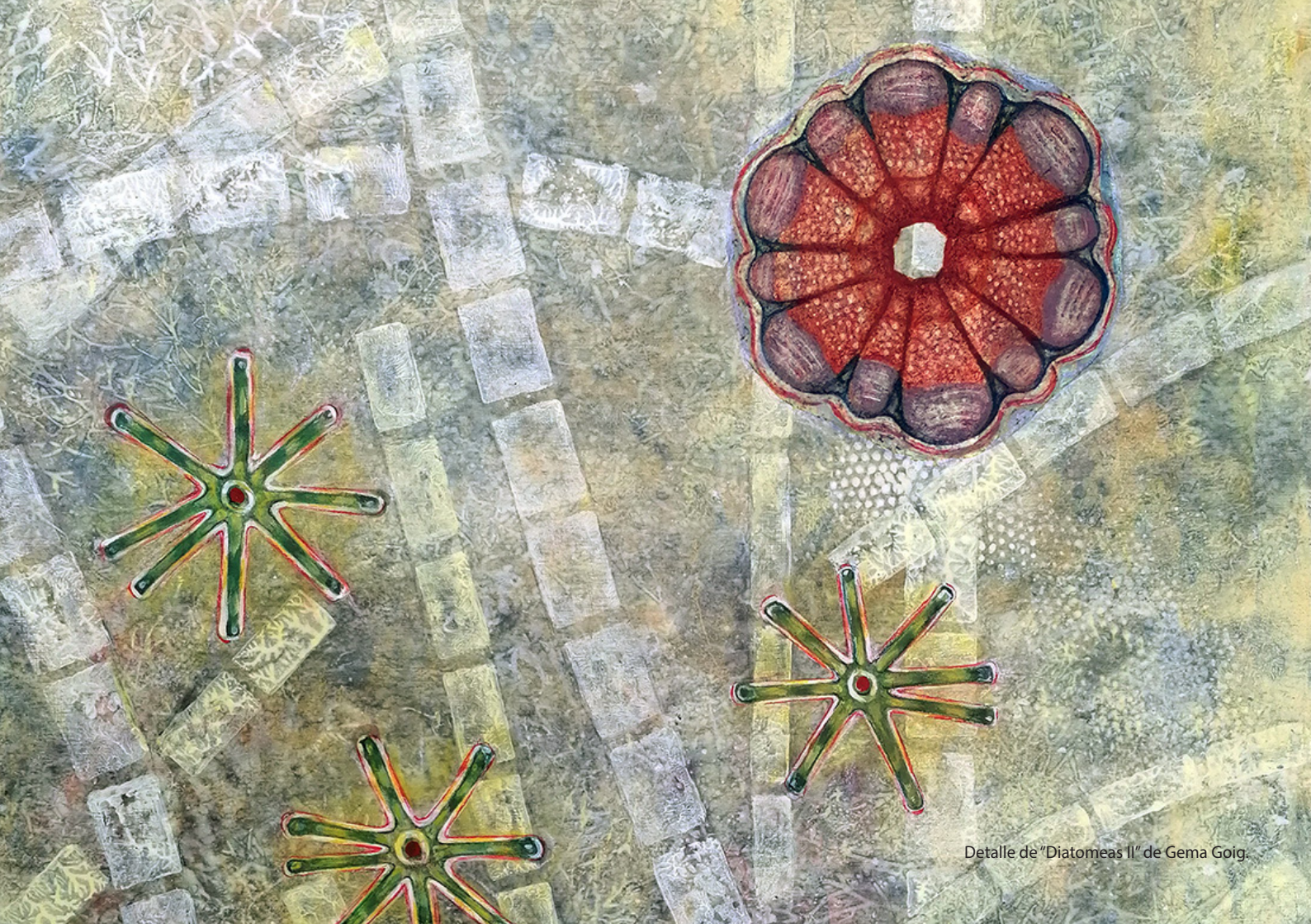
Esfera: Ø 31 cm; Instalación: 128,4 × 36 × 87 cm.

Los cocolitofóridos son microorganismos unicelulares marinos cubiertos de placas calcáreas circulares denominadas cocolitos (grano de piedra) que conforman una esfera llamada cocosfera. La forma tenida por más perfecta, dada su total simetría geométrica, conviene a estos seres microscópicos tanto como a los planetas: de la sima a las estrellas. Una incommensurable elipsis espacial que queda reflejada en esta escultura mediante la complejidad cultural y mítica asociada a la forma esférica.

Una bola de algo más de 30 cm de diámetro descansa sobre una mesa cuyo tablero está ligeramente ahuecado y sobre el que puede ser desplazada por quien la observa. Se compone de 12 círculos rehundidos en su centro que aluden a los discos del exoesqueleto esférico de los cocolitofóridos, pero también al dodecaedro, el sólido regular pentámero del que, según se atribuye a Pitágoras, “estaría compuesta la esfera del todo”, del cosmos. Sobre cada uno de los círculos se despliega una espiral con textos de la historia de la astronomía occidental. Frases literales -tan científicas como poéticas- de



Heráclito, Jenófanés, Aristóteles, Ptolomeo, Copérnico, Galileo, Kepler, Newton, Herschel, Einstein, Lemaitre, Gamow y Hawking chocan entre sí como cocolitos de letras. Pero, como afirmó Fred Hoyle, “la investigación de lo ultrapequeño termina en el misterio, y la investigación de lo ultragrande termina también en el misterio”.



Detalle de "Diatomeas II" de Gema Goig.

DIATOMEAS

PRODUCTORES PRIMARIOS PRIMORDIALES

Concha Herrero

Son organismos microscópicos unicelulares y fotosintéticos. Se caracterizan por poseer cloroplastos grandes de color verde-marrón, y los hay con esqueleto mineralizado, la llamada frústula, o sin esqueleto. Etimológicamente el nombre del grupo procede del griego 'diatomē', que viene a significar 'dividido en dos', ya que el esqueleto presenta dos partes solapadas. En las rocas se preservan comúnmente las frústulas y también las endoesporas, que son células especializadas muy resistentes y capaces de sobrevivir en condiciones ambientales adversas.

La frústula es de naturaleza silíceo (sílice opalina), y está compuesta por dos valvas, una inferior y otra superior, que pueden ser iguales o diferentes, a modo de recipiente con su tapa. Presenta morfologías variadas con contorno circular, cuadrangular, triangular, elíptico... A veces, se unen unas a otras formando colonias, los denominados filamentos. El grupo tiene tamaños comprendidos entre 0,001 y más de 1 mm, siendo las dimensiones medias entre 0,01 y 0,1 mm.

Las diatomeas aparecen en la Era Mesozoica (Cretácico inferior), hace aproximadamente 114 ma. Habitan en todos los ecosistemas acuáticos, desde aguas dulces a salobres, marinas de salinidad normal, e hipersalinas. Viven sobre el fondo (vida bentónica) o flotando en el agua (vida planctónica) de ríos, lagos, mares y océanos. Es uno de los grupos de plancton fotosintético más abundantes en los océanos en latitudes templadas y frías, y son los productores primarios, primer escalón de la cadena trófica, más importantes junto a los dinoflagelados y las cocolitoforales. En Paleontología utilizamos este grupo en la interpretación de los ecosistemas y el clima de épocas pasadas. Además, se emplea en el estudio de la calidad de las aguas, y de la contaminación generada por la humanidad en ríos, lagos y zonas marinas costeras.

Marta Milagros Pérez De Camino

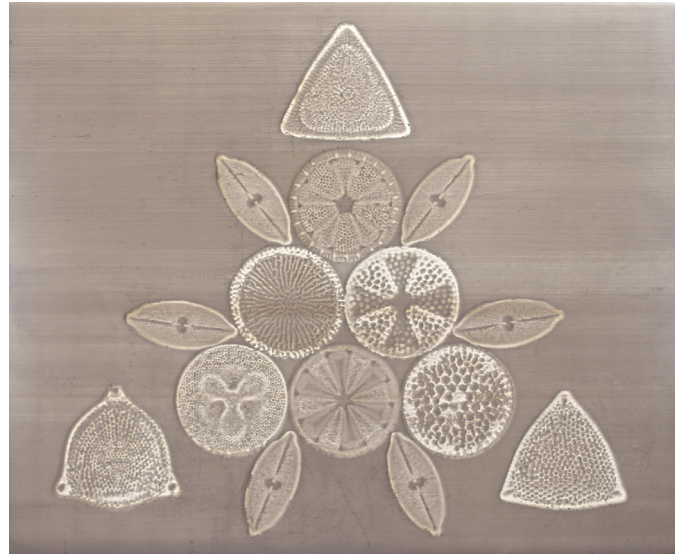
Litofanía de diatomeas

Impresión 3D. 20 x 17 x 4 cm.

Las Diatomeas son representadas en mi relieve como sombras de luz, transparencias que interactúan entre sí en una composición geométrica.

Como fuentes de inspiración visuales he utilizado imágenes de diatomeas, tanto imágenes de microscopio de científicos como Jere H. Lipps, Klaus Kemp y Kevin Mackenzie, tanto como dibujos de Ernst Haeckel.

Para realizar mi imagen me he inspirado en un artículo científico de María del Sagrario Caroline Arteaga Domínguez en el que definen a las diatomeas como “algas de cristal” por la alta presencia de silicios en su pared celular o frústula. Adicionalmente, estas microalgas proporcionan un 20% del oxígeno que hay en la atmósfera durante la fotosíntesis, y se encuentran en la mayor parte de nuestras aguas. Por esta transparencia característica y su relación con la luz, he decidido representarlas a través de una litofanía 3D en la cual es la propia luz la que a través del material y sus diferentes profundidades,



genera la imagen por contrastes de translucidez. Con todo esto en mente, he querido hacer un homenaje a las composiciones geométricas en miniatura que realizaba físicamente Klaus Kemp al microscopio con diferentes diatomeas, componiendo mi propia versión digital.

Del Sagrario Caroline Arteaga Domínguez, M. (2022). Similitudes y diferencias entre los cherts, diatomeas y radiolarios con respecto a los silico-carbonatos de Ca(II), Ba(II) y Sr(II). Recuperado 24 de abril de 2023, de <http://repositorio.ugto.mx/handle/20.500.12059/7174>

Gema Goig

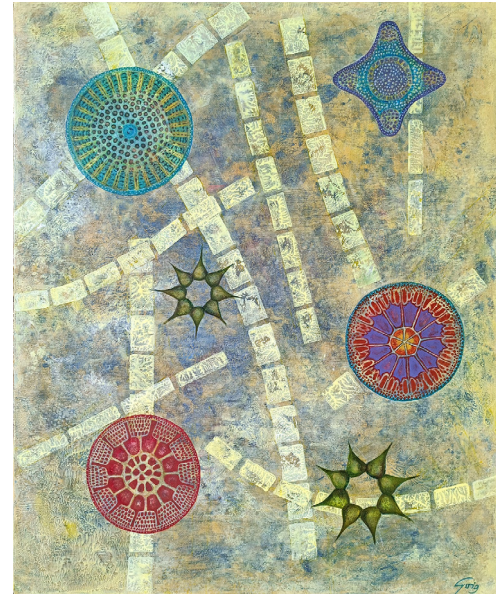
Diatomeas I

Acrílico sobre tabla. 61 x 50 cm.

En esta obra plástica he seguido con la idea de trabajos anteriores, que se inspiraron en el mundo de las algas, respondiendo a mi atracción por el ámbito acuático desde diferentes vertientes. En esta ocasión lo hace desde lo no apreciable a simple vista, organismos marinos unicelulares que forman parte del fitoplancton y cuyas extrañas y variadas formas me han cautivado por su peculiar belleza.

En las pinturas se aprecia una repetición de ritmos, cierta ordenación y una disposición de elementos como constelaciones, uniendo la geometría, la ornamentación y la botánica. Las diatomeas filamentosas de cadenas largas constituyen un plano sobre el que se desplazan las formas rotundas de otras especies en las que predomina lo cromático. Lo orgánico y lo geométrico se conectan sobre elaborados fondos, jugando con las transparencias de las tintas y la representación de elementos texturales complejos.

La publicación de Stoermer y Smol ha sido una de las obras consultadas, interesante no solo por su estudio de la biología de estos seres, sino también por sus aplicaciones y usos para el medio ambiente.



Desde el punto de vista del arte y posibles influencias, hay artistas que me interesan desde siempre, como el estadounidense Philip Taaffe, que incorpora en parte de su obra formas botánicas, en una fusión que une elementos ornamentales con la biología, materializándose en obras de una técnica extremadamente depurada.

The Diatoms: Applications for the Environmental and Earth Sciences. John P. Smol, Eugene F. Stoermer. Cambridge University Press, 2010. ISBN 9780521509961



Detalle de "Naviculopsis Constricta I" de Mónica Cerrada.

SILICOFLAGELADOS

GRUPO MINORITARIO PERO PRODUCTOR PRIMARIO BÁSICO

Concha Herrero

Los silicoflagelados son organismos microscópicos unicelulares y mayoritariamente fotosintéticos, que presentan un flagelo relativamente largo que favorece su movilidad. El grupo fue descubierto por Christian G. Ehrenberg en el año 1854 estudiando rocas cenozoicas en la isla de Sicilia, pero biológicamente fue adscrito a otros seres microscópicos silíceos como las diatomeas o los radiolarios. Habrá que esperar a 1890, para que otro científico proponga el término silicoflagelado para englobar los representantes de este grupo, independizándoles del resto de microfósiles silíceos.

Presentan un esqueleto protector de la célula de composición silícea y de estructura muy sencilla, a modo de cápsula abierta formada por elementos lineales, o algo curvos, llamados barras o varillas. La cápsula constituye un armazón geométrico simple con un anillo basal, que tiene entre 3-8 o más lados, y una estructura apical que forma un domo por encima del anillo basal. Además, la cápsula puede presentar espinas que se sitúan en los vértices de la estructura poli-

gonal. Su tamaño oscila entre 0,02-0,1 mm, no sobrepasando los 0,2 mm, y siendo sus dimensiones medias entre 0,02 mm y 0,06 mm.

El primer registro de los silicoflagelados tiene lugar en la Era Mesozoica (Cretácico inferior terminal), hace aproximadamente 113 ma. Viven flotando (vida planctónica) en mares y océanos, aunque en la actualidad hay alguna especie que habita aguas dulces. Pese a ser componentes minoritarios del plancton fotosintético, forman parte del primer escalón de la cadena alimenticia del que se nutren otros organismos, micro y macroscópicos, tanto unicelulares como pluricelulares. En Paleontología utilizamos este grupo para datar las rocas en ausencia de microfósiles calcáreos en la Era Cenozoica, para calcular las temperaturas en los océanos del pasado, y llevar a cabo reconstrucciones paleoclimáticas.

Mónica Cerrada

Naviculopsis Constricta I

Esmalte sobre Cobre. 55x20 cm

Los silicoflagelados son representados en mi obra alternando imágenes completas con otras en disgregación para expresar el flujo natural de la vida: creación, crecimiento y transformación. Produciendo una trama de diseño seriado destaco el valor formal y estético de estos microorganismos acuáticos como elementos decorativos para desarrollar composiciones y redes modulares de carácter artístico. Son apropiados para trabajar el diseño por medio de la repetición como hicieron, con motivos de naturaleza y geométricos, artistas Art Nouveau y Art Decó en sus creaciones y papeles pintados mediante la artesanía y el arte. La pintura, con un diseño que multiplica la forma de estos de estos organismos unicelulares, tiene la posibilidad de implementarse en la decoración arquitectónica, ya sea como friso, moldura, papel pintado o como obra autónoma. Es un homenaje al movimiento europeo Arts and Crafts de finales del siglo XIX.

Como fuentes de inspiración visual he utilizado obras de: William Morris que industrializó el papel pintado: "Pimpinela" (hacia 1876); Mackintosh: "Rosa y lágrima" (1915-28); Víctor Horta.



Para realizar mi imagen me he inspirado en un artículo científico de Joaquín Frenguelli donde muestra y define diversos géneros de silicoflagelados que contienen, a su vez, múltiples morfotipos de esqueletos silíceos completamente diferentes. Descubro que, además de formas estrelladas múltiples, hay formas de anillos, pulpo, triangulares, etc y en algunos "la parte media de los costados del anillo basal, (...) se adelgaza lateralmente, se ensancha verticalmente y, perdiendo su forma cilíndrica, se transforma en una lámina más o menos delgada". Este morfotipo alargado me ha interesado, y los estrellados, y observando su morfología y simetría axial, me ha inspirado para jugar con la simetría y la repetición para crear una estructura de red modular dotando de carácter artístico algo científico.

Frenguelli, Joaquín (1939) Consideraciones sobre los silicoflagelados fósiles. Revista del Museo de La Plata, Vol. 2, Nº 6 (Nueva Serie. Sección Paleontología) págs. 37-112. ISSN-e 2545-6377, ISSN 2545-6369.

Cambra & Espinel Catedral

Resina y Cartón policromado. 50 x 40 x 30 cm

Los silicoflagelados son en esta escultura la estructura endoesquelética silíceica que construye y eleva la catedral desde las aguas del mar hasta el cielo. Representan un espacio espiritual donde las curvas catenarias abren la cúpula dorada al infinito, sus muros se sustentan por morfologías tubulares y espinosas, espacio de protección y recogimiento envuelto por algas marinas.

La obra de Antonio Gaudí es un referente de inspiración para esta obra, su elegante arquitectura orgánica de arcos catenarios nos llevan a la geometría de la naturaleza, como el Arco de Ctesifonte de la antigua Persia, actual Irak o el Gateway Arch de San Luis (Missouri) de Eero Saarinen.

Según Álvarez-Gómez y Martínez López (2010) la especie *Dictyocha* se caracteriza por tener un esqueleto muy robusto, sub-circular con margen aserrado; en la base interna del anillo puede presentar espinas secundarias y barras basales ligeramente curvadas, tiene 4 espinas radiales más largas en el eje vertical y las dos del eje horizontal reducidas, las ventanas que salen del puente apical son más grandes que las que las opuestas a este.



Es este texto científico el que nos permite plantear la metáfora escultórica que concibe la morfología estructural de los silicoflagelados como el soporte constructivo arquitectónico de la catedral, formado por estos organismos unicelulares, algas marinas, esqueletos y espinas silíceas.

Álvarez-Gómez, I. G., & Martínez-López, A. (2010). Silicoflagelados en sedimentación en la región suroccidental del Golfo de California. *CICIMAR Océánides*, 25(1), 17–24. <https://doi.org/10.37543/oceanides.v25i1.76>

Agradecimientos:

A la Facultad de Bellas Artes por su colaboración en el montaje de la exposición.

A Adrián Belarra Rodríguez y la Dra. Margarita Chevalier del Laboratorio de micro-CT, Departamento de Radiología, Rehabilitación y Fisioterapia, de la Facultad de Medicina, UCM, por su asesoramiento y apoyo científico, necesario en el desarrollo de las piezas de Víctor García Peco y Nerea Garzón Arenas.

