

Tesis Doctoral:

**Sistemas Radiolarios, Geometrías y Arquitecturas Derivadas**

Maria Mallo

Resumen:

Uno de los temas más importantes dentro del debate contemporáneo, es el que se refiere a la sostenibilidad a largo plazo de la sociedad tal y como la entendemos hoy. El ser humano está recuperando la sensibilidad perdida que le concebía como una pieza más dentro del ciclo natural de la vida. Por fin hemos entendido que no podemos ser auto suficientes e independientes del entorno natural que nos rodea. Más allá del respeto y del cuidado, está abierta la puerta del conocimiento infinito que nos brinda la naturaleza a todos los niveles y a todas las escalas. Dentro de la disciplina arquitectónica han existido ejemplos como Antoni Gaudí o Frei Otto que han referenciado su obra en el mundo Natural, encontrando en él las estrategias y bases para el diseño arquitectónico. Sin embargo han sido una minoría dentro del enorme elenco de arquitectos defensores del ángulo recto.

En las últimas décadas, la tendencia está cambiando. Nos referimos a un caso específico dentro del amplio abanico de formas arquitectónicas que han aparecido gracias a la incorporación de las herramientas computacionales en el diseño y la producción. Las arquitecturas que nos interesan son las que aprovechan estas técnicas para analizar e interpretar las estrategias complejas y altamente eficientes que encontramos en la naturaleza, y trasladarlas a la disciplina arquitectónica. Esta tendencia que se enmarca dentro de la Biomímesis o Biomimética es conocida con el nombre de Bioarquitectura.

La presente tesis trata de morfología y sobre todo de morfogénesis. El término morfología se refiere al estudio de una forma concreta que nos permite entender un caso específico, nuestro foco de atención se centra sin embargo en la morfogénesis, es decir, en el estudio de los procesos de generación de esas formas, para poder reproducir patrones y generar abanicos de casos adaptables y reconfigurables. La investigación concibe el concepto de forma como lo hace el mundo natural: forma como síntesis de eficiencia. No hay ninguna forma natural gratuita, que no cumpla una función determinada y que no se desarrolle con el mínimo material y gaste la mínima energía posible.

El camino de investigación morfológica se traza, como el título de la tesis indica, siguiendo el hilo conductor concreto de los radiolarios. Estos microorganismos unicelulares poseen unos esqueletos tan complejos que para poder entender su morfología es necesario establecer un amplio recorrido que abarca más de 4.000 años de conocimiento humano. Desde el descubrimiento de los sólidos platónicos, poliedros que configuran muchas de las formas globales de estos esqueletos; hasta la aplicación de los algoritmos generativos, que permiten entender y reproducir los patrones de comportamiento que existen detrás de los sistemas de compactación y teselación irregular de los esqueletos radiolarios. La tesis no pretende plantear el problema desde un punto de vista biológico, ni paleontológico, aunque inevitablemente en el primer capítulo se realiza un análisis referenciado del estado del conocimiento científico actual. Sí se analizan en mayor profundidad cuestiones morfológicas y se tratan los diferentes posicionamientos desde los cuales estos microorganismos han servido de referencia en la disciplina arquitectónica. Además encontramos necesario analizar otros patrones naturales que comparten estrategias generativas con los esqueletos radiolarios.

Como ya hemos apuntado, en el segundo capítulo se aborda un recorrido desde las geometrías más básicas a las más complejas, que tienen relación con las estrategias de generación de las formas detectadas en los microorganismos. A su vez, el análisis de estas geometrías se intercala con ejemplos de aplicaciones dentro de la arquitectura, el diseño y el arte. Finalizando con un cronograma que sintetiza y relaciona las tres vías de investigación abordadas: natural, geométrica y arquitectónica.

Tras los dos capítulos centrales, el capítulo final recapitula las estrategias analizadas y aplica el conocimiento adquirido en la tesis, mediante la realización de diferentes prototipos que abarcan desde el dibujo analítico tradicional, a la fabricación digital y el diseño paramétrico, pasando por modelos analógicos de escayola, barras metálicas, resina, silicona, látex, etc.

Índice de contenidos:

## **AGRADECIMIENTOS**

## **RESUMEN/ABSTRACT**

## **I. PREFACIO**

- I.1 Antecedentes
- I.2 Objetivos
- I.3 Metodología
- I.4 Posicionamiento Teórico

## **II. INTRODUCCIÓN**

- II.1 Arquitectura y Naturaleza
- II.2 Biomímesis
- II.3 BioArquitectura

## **1. RADIOLARIOS**

### **1.1 Qué son los Radiolarios**

- 1.1.1 Desde un punto de vista biológico
- 1.1.2 Micropaleontología y clasificaciones taxonómicas
- 1.1.3 Estado actual de la investigación científica

### **1.2 Investigaciones morfológicas sobre Radiolarios**

- 1.2.1 Ernst Haeckel, la herencia genética
- 1.2.2 D'Arcy Thompson, las fuerzas físicas
- 1.2.3 Frei Otto, la síntesis
- 1.2.4 Lars Spuybroek, "Radiolarian Technology"
- 1.2.5 Alberto T. Estevez, arquitectura genética y Radiolaria Pavilion
- 1.2.6 Aplicaciones actuales en el diseño

### **1.3 Otros patrones naturales**

- 1.3.1 Dependencia de la tensión superficial
- 1.3.2 Mosaico hexagonal
- 1.3.3 Configuraciones con pentágonos y heptágonos
- 1.3.4 Cubiertas resistentes
- 1.3.5 Estructuras alveolares

## **2. GEOMETRÍAS Y ARQUITECTURAS RELACIONADAS**

### **2.1 Esfera y Poliedros**

- 2.1.1 Esferas
- 2.1.2 Poliedros regulares y semirregulares
- 2.1.3 Poliedros como punto de partida

## **2.2 División del plano y del espacio**

- 2.2.1 Simetrías y equiparticiones
- 2.2.2 Otras teselaciones
- 2.2.3 Configuraciones apretadas
- 2.2.4 Empaquetamientos de esferas

## **2.3 División de la esfera**

- 2.3.1 Cúpulas geodésicas
- 2.3.2 Cúpulas macladas del Eden Project
- 2.3.3 Esferas icosaédricas flotantes de Saraceno
- 2.3.4 Patente Honeycom
- 2.3.5 El problema de Thomson

## **2.4. Teselación de superficies irregulares**

- 2.4.1 Técnicas digitales para la geometrización de las formas libres
- 2.4.2 Remallado (Remeshing)
- 2.4.3 Algoritmos genéticos

## **2.5. La gravedad y la forma: formfinding**

- 2.5.1 Radiolaria Project
- 2.5.2 Pabellón de investigación Stuttgart
- 2.5.3 Shellstar pavilion

## **2.6. Cronograma relacional**

# **3. RESULTADOS DERIVADOS DE LA INVESTIGACIÓN**

## **3.1. Prototipos analógicos**

- 3.1.1 Modelos masivos de escayola
- 3.1.2 Modelos masivos de resina
- 3.1.3 Modelos de barras

## **3.2. Prototipos digitales**

- 3.2.1 Teselaciones irregulares eficientes: Cúpula TIE
- 3.2.2 Cáscara perforada colgada: Lámpara SEA

## **3.3. Prototipos híbridos**

- 3.3.1 Modelos experimentales
- 3.3.2 Naturaleza Generativa

# **DISCUSIÓN Y ALCANCE DE LA TESIS**

# **BIBLIOGRAFÍA**

### Informe:

En España todavía son pocas las instituciones que apuestan por mirar al futuro con conciencia y entender que la tecnología y la naturaleza pueden y deben ir de la mano. Ésta es una tesis teórico-práctica realizada sin financiación académica. En ella podemos encontrar, más que conclusiones, líneas de trabajo todavía abiertas que apuestan poner en el centro una arquitectura blanda y cambiante, en continuo diálogo con el entorno y sus habitantes. Ojalá la relevancia y el reconocimiento esta vez apuesten por la innovación y el riesgo, asumiendo el carácter experimental y los fracasos como parte necesaria en el avance hacia el futuro de la arquitectura. Ojalá la relevancia y el reconocimiento esta vez no miren al pasado.

### Nota biográfica:

Doctora arquitecta y Técnico Superior en Artes Aplicadas a la Escultura. Profesora en la ETSAM y el IED. Trabaja de forma independiente desde 2012. Cofundadora de Leon11 (2005-2012) y de Mecedorama (2011-2016). Su trabajo, que forma parte de la colección del Frac Centre, se centra en la investigación de geometrías naturales a través de la experimentación con técnicas artesanales y digitales, situándose en la intersección entre arquitectura, diseño y arte. Sus últimos proyectos han sido expuestos en la Biennale d'Architecture d'Orléans (2017), Sala de Arte Joven de la Comunidad de Madrid (2017), MediaLab Prado (2015), Matadero Madrid (2014) y COAM (2014).

