

combinan en pares (Adenina-Timina y Citocina-Guanina) para formar una larga cadena de aminoácidos. Posteriormente, esta cadena se unirá con otras semejantes, en un armazón doble con forma de hélice, la cual será la encargada de generar millones de individuos genéticamente diferentes.

En este sentido, quizás una de las características básicas de todos los organismos, es su capacidad de autoorganización, es decir, dirigir

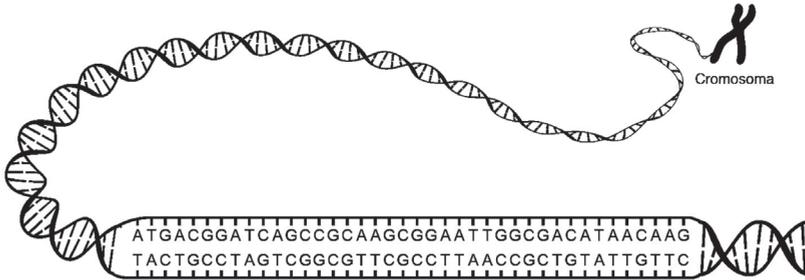
“su propio desarrollo en el espacio y el tiempo y de mantener continuamente el control de sus funciones, ya sean estas de carácter general –de todo el organismo– ... las relaciones con otros seres vivos, o que afecten a un solo órgano o incluso a una única célula” (Fontarnau, 2009, p. 117).

En esencia, se trata de un proceso de selección natural encargado de generar una variabilidad en los genes, que, en interacción con el ambiente, algunas se seleccionarán para sobrevivir y producir descendencia, en tanto que otras se eliminarán.

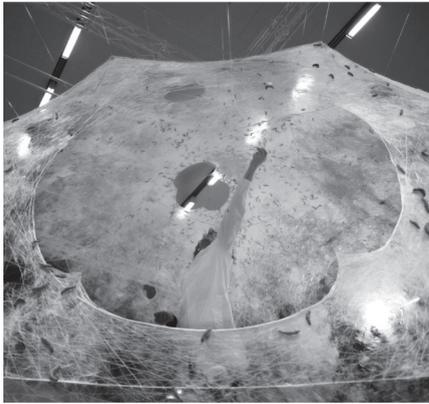
Después de 3.800 millones de años de investigación y desarrollo, en la naturaleza, “los fracasos han quedado fosilizados y lo que nos rodea es el secreto de la supervivencia” (Benyus, 2012, p. 17). Para perdurar, los organismos han necesitado construir un ecosistema armónico dentro del entorno divergente, para esto, tuvieron que evolucionar a través de diseños simples y novedosos (Malshe, *et al.*, 2018). Se trata de un proceso cuya meta es conseguir el máximo rendimiento mediante un mínimo consumo de energía: para crear una estructura más fuerte, la naturaleza no agrega masa o volumen, sino que utiliza los componentes de la manera más adecuada, es decir, lograr la máxima resistencia, con un reducido coste energético. En la naturaleza, estos organismos crecen y se desarrollan desde una pequeña unidad, la célula, una unidad que incluye toda la información necesaria para funcionar y replicarse: los seres vivos no están contruidos por partes, no hay ensamblaje de materiales homogéneos (Oxman, 2015).

En contraposición, en la arquitectura somos herederos de la prefabricación en serie y del módulo, de piezas que se repiten una y otra vez, sin ninguna clase de variación. Una visión que el movimiento moderno ha grabado a fuego en el imaginario colectivo de los proyectistas. Desde la Revolución Industrial, la línea de montaje ha dictado un mundo hecho de fragmentos, encorsetando la imaginación de diseñadores y arquitectos entrenados para pensar sus objetos como ensamblajes de partes discretas con funciones distintas (Oxman, 2015). Y, pese a los importantes avances desarrollados en los últimos años en el campo de la tecnología digital y de los sistemas de prefabricación, en general, la construcción, se ha mantenido inmutable, limitando su utilización a una reinterpretación, ahora digital, de los procedimientos tradicionales de edificación.

Se precisa de un rompimiento con este tipo de diseño, para introducirnos en una proyección que mire a la naturaleza, no para imitarla de una manera fotográfica, copiando sus formas, sino para aprender de ella los modos y procesos mediante los cuales resuelve los problemas. Con este fin, la [bio]cápsula reinterpreta de un modo digital el concepto del ADN, a través de cuatro elementos básicos, que al igual que los aminoácidos –adenina, timina, citosina, y guanina–, se combinan para producir millones de individuos genéticamente diferentes. En esencia, se trata de una crítica al diseño funcionalista de piezas



10



11

Figura 10. Estructura del ADN (Fuente: <https://www.genome.gov/es/genetics-glossary/ACGT>).

Figura 11. Silk Pavilion. Neri Oxman (Fuente: <https://www.media.mit.edu/projects/silk-pavilion/overview/>).

seriadas idénticas, que proponía la arquitectura moderna y que aún subsiste en los planteamientos de algunos arquitectos contemporáneos. La [bio]cápsula busca un proceso de producción en serie de objetos únicos, una organización autoportante, capaz de proporcionar una estructura topológicamente singular.

Para su construcción se elaboraría un exoesqueleto artificial: una estructura de carácter sostenible, capaz de resistir a los esfuerzos estáticos y dinámicos del contexto, a la vez de proveer de un cerramiento opaco habitacional. Una manipulación de códigos matemáticos, para generar patrones formales distintos a través de la información de entrada del entorno. Una simbiogénesis desarrollada a diferentes niveles, donde una serie de subsistemas modelan los componentes del proyecto, filtrando los resultados de acuerdo con los parámetros previamente establecidos por el diseñador, permitiendo la evolución de la forma que se materializa mediante una impresora 3D. Un proceso de retroalimentación evolutiva en perfecta relación con el medioambiente, y preparado para interactuar con este (*Ver Figuras 10 y 11*).

4. Piel / Exoesqueleto

Conceptualmente, la piel de un organismo puede ser considerada como una interfaz que permite vincular a este con el entorno que lo rodea, cumpliendo, además, un papel fundamental en el proceso de adaptación y supervivencia de este (Malshe, *et al.*, 2018). A tal efecto, la piel protege a los organismos de los factores ambientales agresivos (temperatura y humedad), los agentes abrasivos (arena, hielo, pH), las bacterias y los virus, la luz, y el acoplamiento de superficies abrasivas entre otras (Malshe, *et al.*, 2018). Para que esto fuera posible, las pieles han debido evolucionar hasta obtener propiedades multifuncionales tales como la adhesión, hidrofobicidad, hidrofiliidad, manejo térmico, anti-reflexión, colores estructurales y visión esférica (Malshe, *et al.*, 2018).

En algunos organismos, el límite que separa su esqueleto interno y la piel externa de recubrimiento parece difuminarse bajo una lógica geométrica de rendimiento estructural y de los sistemas en general. Un ejemplo interesante al respecto es el caso de los artrópodos, una familia particular de insectos que se encuentran cubiertos mediante una estructura envolvente denominada cutícula o exoesqueleto, un sistema compositivo externo, rígido, capaz de integrar prestaciones estructurales y de protección, transformándose en un filtro que separa el interior del exterior. Se trata de una carcasa multicapa altamente optimizada, compuesto principalmente por quitina y proteínas, sustancias naturales que le confieren firmeza, resistencia e impermeabilidad, ayudando en la respiración, y protegiendo a los artrópodos de los depredadores y de la deshidratación (McGavin, 2000).

Estructuralmente, los exoesqueletos están conformados de dos partes: una capa externa, la epicutícula (0,1 a 3 μm), compuesta principalmente por cera, lípidos y proteínas sin fibras de quitina, siendo su función principal la de actuar como barrera ambiental; y un estrato interno, la procutícula (10 y 100 μm), cuya tarea es la de mantener la forma y estabilidad del organismo bajo cargas externas (Chen *et al.*, 2004).

En el campo específico del diseño, durante años hemos construido nuestros edificios encerrándolos en barreras que eran fundas, capuchas de una estructura de soporte rígida y geoméricamente regular. A comienzos del siglo XXI, precisamos de un nuevo modo de proyectar, más libre de las implicaciones de la arquitectura moderna y de cualquier otro lenguaje del pasado. En esencia se trata de cambiar el acero, la piedra, por códigos binarios y cadenas de ADN, es la “superación absoluta del ideal moderno de tipificación y prefabricación en serie” (Estévez, 2003, p. 16). En palabras de Alberto T. Estévez, “nuevos materiales, nuevas herramientas, nuevos procesos deben dar necesariamente nuevas arquitecturas” (2003, p. 4).

En este sentido, la [bio]cápsula desarrolla un sistema unificado: una piel hidrófuga optimizada de cerramiento que la conecta con el contexto, con una estructura portante estable, con capacidad para adaptarse. Son formas naturales, curvas y complejas, desarrolladas a partir del análisis de las cargas y de los esfuerzos aplicados en los nudos, un diseño envolvente de alto rendimiento. Se trata de una interacción dinámica no lineal, un proceso flexible desde el punto de vista filogenético, un proyecto adaptativo basado en las matemáticas, que utiliza herramientas digitales para deformar una cuadrícula cartesiana: un modelo con capacidad de adaptación casi sistemática, cómo definiría Luhmann, para sobrevivir en escenarios cambiantes y generalmente hostiles (*Ver Figuras 12 y 13*).



12



13

Figura 12. Escarabajo de Namibia o Escarabajo del Desierto (Fuente: <https://hablemosdeinsectos.com/escarabajo-del-desierto/>). **Figura 13.** Escarabajo Rinoceronte Europeo (Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Oryctes_nasicornis#/media/Archivo:Nosoroh.jpg).

5. Forma / Energía

Como especie, hemos perdido la costumbre del reciclado de productos. Nos hemos transformado en una cultura de lo efímero, de lo “compre, use, tire, y vuelva a comprar”. Durante años la palabra sostenibilidad “ha sido maltratada, insultada y sometida a todo tipo de vejaciones por parte de arquitectos, políticos, publicistas... en general por todo el mundo” (Ramo, 2010, p. 141). De igual forma, lo verde fue la representación del concepto de sostenibilidad, un verde simplificado, que con frecuencia llegaba a situaciones extremas: “lo verde ni siquiera necesita ser naturaleza, o natural; puede ser plástico o pintado” (Ramo, 2010, p. 141).

Afortunadamente, en los últimos tiempos, “un cambio de mentalidad nos está conduciendo hacia una creciente sensibilidad por el medio ambiente. Somos conscientes de que la naturaleza no es inagotable” (García, 2010, p. 147). Desde este punto de vista, la [bio] cápsula busca reducir el impacto de las construcciones del hombre sobre el contexto, a través de un uso equilibrado del agua y de la energía, así como también del reciclaje de los residuos. Un diseño cuya premisa básica pretende una fusión con el medioambiente. Una integración que nos recuerda a lo planteado por Dennis Dollens:

“No pienso que los edificios tengan que parecerse a plantas u organismos biológicos, pero pueden funcionar como ellos – moverse, transferir aire y humedad, filtrar polución, reorientar sus pieles, modificar el calor y el frío, alertar a

los ocupantes de cambiar las condiciones sociales y medioambientales” (2003, p. 84).

De esta forma, la [bio]cápsula es una criatura híbrida, un espacio vivo, compuesto por una superficie interactiva que incorpora sensores medioambientales capaces de recibir los datos del exterior en tiempo real y generar mediante actuadores una reacción a este: sistemas capacitados para aprender las rutinas diarias, buscando optimizar las funciones cotidianas y la regulación climática. Un proceso donde converge la biología con lo digital, dentro de un protocolo con la suficiente potencialidad como para adquirir un nuevo programa biológicamente mimético y artificialmente inteligente.

La [bio]cápsula, incorpora un conjunto de placas solares, y un aerogenerador externo, necesario para producir la energía para alimentar la bomba de agua, la cocina y las luminarias LED, que iluminan el interior de la [bio]cápsula durante la noche. El sistema se completa con un grupo de baterías que permite el almacenamiento de la electricidad excedente producida.

Con el objeto de iluminar y ventilar el interior, se distribuyen sobre su forma, una secuencia de aberturas ubicadas estratégicamente para favorecer la ventilación natural de manera continua, manteniendo agradable la temperatura interna: “ya no son simples objetos inanimados, sino una extensión indispensable de nuestro deseo de dar vida a la arquitectura” (Douglass, 2005, p. 119). Una serie de pantallas exteriores, a modo de paraguas, posibilita la recogida del agua de lluvia, la cual es filtrada para obtener agua potable, y almacenada para su posterior consumo. El proyecto incorpora un sistema de filtros que permite el reciclaje de aguas grises, las cuales son utilizadas para la limpieza y descarga del inodoro (Ver Figuras 14, 15a-b-c y 16).