

Biomímesis en el diseño: mas allá de la sostenibilidad en el siglo XXI

Dr Manuel Quirós

Biomimicry Iberia Association (www.biomimicryiberia.com) (natureinspireus.com)

Palabras clave: biomimesis, diseño bioinspirado, sistemas naturales, diseño regenerativo, funcionamiento sistemas vivos, sostenibilidad.

Key words: biomimesis, biomimicry, bioinspired design, natural systems, regenerative design, living systems operative principles, life principles, sustainability

Resumen

La actualidad humana asolada por múltiples crisis (social, política, económica, ambiental...) exige la necesidad de explorar soluciones innovadoras a lo largo de este siglo, que inicien un nuevo escenario de esperanza de cambio. La vida en la Tierra, la naturaleza, posee estrategias para el mantenimiento exitoso en el planeta tras sobrevivir durante casi 4.000 millones de años a todo tipo de catástrofes ambientales y sobrevivir, florecer regenerando los hábitats que favorecen tal éxito. La biomímesis, es una emergente disciplina de una antigua practica humana que irrumpe con fuerza y promete re-evolucionar todos los ámbitos desde la ingeniería, la arquitectura, el transporte, la alimentación, etc... así como la educación con aprendizajes dentro y fuera del aula para inculcar creatividad e innovación tan necesarias hoy día, junto con valores pro-ambientalistas de conservación del capital natural del que dependemos. La biomímesis (del griego *bio* vida y *mimesis*, imitar) estudia las mejores estrategias de los sistemas vivos para transferirlas a la tecnología humana. No en vano, la Naturaleza lleva mas de 3.850 millones de años evolucionando para encontrar las mejores soluciones a los problemas globales que la supervivencia plantea, ajustándose a las leyes de la Tierra, considerando lo que perdura y lo que funciona. La vida crea condiciones óptimas para perdurar regenerándose mas allá de la sostenibilidad. En el presente trabajo, se exploran algunas de estas estrategias o patrones que la naturaleza emplea de modo regenerativo y su potencial aplicabilidad en el diseño de productos y servicios.

Introducción

Un 96% de una muestra significativa de estudiantes de la especialidad de diseño en el IED en Madrid afirman mostrar afinidad por la Naturaleza. en este mismo estudio afirman pasar menos de un 2-3% de su tiempo semanal en ella. Este alejamiento del contacto directo con la naturaleza de las nuevas generaciones es comparable con otros datos como los de Funiber publica en el Reino Unido o en los EEUU la *Harvard School Public Health*. Esta realidad dificulta sin duda no solo la actitud pro conservacionista del patrimonio natural tan necesaria pues lo que no conocemos no existe, sino la propia bioinspiración como posible herramienta profesional o filosofía de vida. Paralelamente por tanto, es un reto que nos toca asumir a los profesionales biomiméticos en el nuevo paradigma que en este siglo ha de desarrollarse e implementarse, la sostenibilidad y la regeneración. La sostenibilidad es un vocablo vago e impreciso que a menudo dificulta su comprensión holística de cara a los retos a los que nos enfrentamos y su posible resolución. Acercar a los jóvenes, futuros profesionales, a la biomimesis dentro de un aula requiere de un esfuerzo extra en un sistema educativo que dificulta las salidas al exterior y en la que el propio diseño de las aulas es anti-creativo. La metodología de la biomimesis requiere también de un esfuerzo hacia el razonamiento analógico (analogías) y hacia la abstracción pues a menudo la biologización así lo requiere, siendo ésta una de las fases mas relevantes del proceso biomimético.

En la presente publicación, se exponen algunas estrategias naturales “sostenibles” y su potencial transferencia al diseño humano para lograr una mayor comprensión a los profesionales de cualquier disciplina. Estas estrategias son definidas de diversos modos: Principios de Vida, Patrones Unificados de la Naturaleza, Principios de Diseño Bioinspirado... o como algunos biólogos simplemente entendemos: *como funciona la vida*.

Mas allá de la sostenibilidad

Aunque sigamos pensando en “aprender de la naturaleza”, hemos de darnos cuenta de que ese dualismo realmente no existe pues “somos naturaleza” y por tanto podemos diseñar como tal. Uno de los aspectos diferenciadores de la biomimesis con relación a otros acercamientos de diseño bioinspirado es el enfoque sostenible y regenerativo pues es una de las lecciones de vida que nos proporcionan los propios ecosistemas. La vida lleva operando mas de 3.850 millones de años y ha aprendido a ajustarse a los

parámetros del sistema terrestre, lo que funciona, lo que persiste y lo que no ocasiona perjuicio a otros organismos y su entorno, ahora y en el futuro. Esa es su medida del éxito. Pero entender la vida como un todo (holismo), no es tarea sencilla y requiere de un cambio en como vemos o entendemos las cosas. Ese cambio de perspectiva supone ver mas allá de lo que puede representar un insecto, una medusa o un árbol; al igual que un edificio, una botella de plástico o un automóvil. Hemos de pensar en procesos, en formas o estructuras y por supuesto en sistemas. De esta manera podremos entender la vida en términos de patrones que se repiten y que nos proporcionan información de estrategias para la supervivencia. Funcionan en seres microscópicos, en sus moléculas así como en otros organismos mucho mayores y complejos. Desde esta perspectiva y su aplicabilidad en el diseño de cualquier disciplina, la biomimesis aporta un impacto positivo muy potente que en si mismo beneficia a todos pues el objetivo será crear una interdependencia en términos del análisis del ciclo de vida de los productos (ACV) y servicios que aporten no solo permanencia duradera (sostenibilidad) sino que los sistemas y subsistemas generados sean resilientes, adaptables, automejorados y autosuficientes mejorando con el tiempo los entornos de los que se sostienen. Los servicios que la biodiversidad proporciona pueden verse igualmente en las ciudades donde los hemos perdido o disminuido. Para abordar este tremendo reto, hoy aún aspiracional, requerimos conocer primero, entender luego y posteriormente saber aplicar las estrategias naturales. Pensemos por un momento que todo lo que funciona en la Tierra parte de la energía del sol, desde la propia fotosíntesis base de toda la cadena alimentaria (terrestre o marina) hasta las dinámicas de los vientos o de las corrientes marinas. En cambio todo nuestro mundo industrial humano depende de las energías fósiles como el petróleo, el carbón o el gas siendo todas ellas almacenadoras de luz solar antigua. En apenas unas décadas parte de esta energía almacenada durante millones de años ha sido consumida causando prosperidad pero también y globalmente un cambio del clima que pone incertidumbre al propio futuro de la civilización.

Desde esta publicación no se pretende abordar la totalidad de las estrategias sostenibles de la naturaleza, sino tan solo algunas de ellas desde la estrategia biológica y su reflejo en la estrategia de diseño. Estas estrategias que algunos denominan Patrones unificados de la naturaleza (*Biomimicry Institute*), o Principios de Vida (*Biomimicry 3.8*) o los Principios de Diseño Inspirado en la Naturaleza (*Principles of Nature Inspired design*, NID

en inglés por la TU Delft), o los aspectos relacionados con *Cradle to Cradle*, funcionan en un porcentaje muy elevado de los ecosistemas y pueden ser aplicados en el diseño de las nuevas sociedades humanas. Mas de 60 estrategias se han descifrado (habrá muchas mas) que muestran el camino del funcionamiento correcto de nuestra propia civilización. Estamos tratando de establecer y crear un modelo de desarrollo sostenible cuando éste ya existe y lleva funcionando mucho tiempo, el de la propia naturaleza. Estos principios representan un intento de identificar las lecciones generales del mundo natural que tiene profundas implicaciones en para qué y cómo diseñamos. Tomando estas lecciones fundamentales en consideración, son un paso clave en la práctica de la biomimesis y puede además ayudarnos a distinguir el diseño biomimético en una categoría más amplia del diseño bioinspirado. Para una mejor comprensión se han establecido de un modo separado, si bien es cierto que en numerosos casos confluyen uno, dos o mas de los patrones en esta lista artificial y no definitiva que aquí se presenta. Aquí van algunos de esos principios de cómo funciona la Vida y su conexión con el diseño humano:

1. Naturaleza sólo utiliza la energía que necesita basándose en la libre disponible.

La energía es costosa para la mayoría de los organismos. El riesgo de utilizar un exceso de energía puede representar la muerte o la incapacidad para reproducirse. Por lo tanto, los organismos la utilizan con moderación y hacen uso de la que es renovable y libre, que se encuentra cerca, y no requiere de una gran cantidad de esfuerzo para su obtención. En la **biología** vemos como muchas aves como los buitres o los albatros, grandes planeadoras, se apoyan para sus vuelos en el aumento de las corrientes cálidas del aire con el fin de obtener la energía necesaria. Gracias a las corrientes térmicas, son capaces de deslizarse todo el día utilizando la misma cantidad de energía que lo harían si estuvieran simplemente en reposo. Así mismo las propias hojas de las plantas terrestres y el fitoplancton emplean la energía lumínica para transformarla y dar comienzo a la red trófica que alimentará a la totalidad de los ecosistemas.

En el **diseño** humano podemos encontrar ya algunos avances. El edificio *Bullitt Center* en la ciudad de Seattle, Washington, EE.UU. que establece altos estándares para el uso de los procesos a baja energía. Una variedad de estrategias se emplean en el diseño del edificio que ha recibido los mas altos estándares de certificación energética. Así no ofrece aparcamiento para los usuarios sino que anima al empleo del transporte público o

bicicletas comunitarias, fomentando los desplazamientos de baja energía y sus consecuentes emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI). También anima al empleo de las escaleras con un único ascensor alejado de la vista. Se potencia el empleo de la luz natural con grandes ventanas a pesar de la lluviosa climatología de la ciudad. Las maderas empleadas así como otros materiales son de origen local y se han evitado mas de 300 materiales tóxicos propios del sector de la construcción. Los paneles solares monitorizados proporcionan energía de modo pasivo ajustándose a la temperatura externa y si sobra se distribuye a otros edificios colindantes. Los usuarios pueden monitorizar a tiempo real su propio consumo de energía y modificarla para su reducción. El edificio no es un objeto aislado del entorno sino que se integra e interactúa con él. Es todo un ejemplo de la arquitectura no solamente biomimética sino la que todos deseamos. Otro ejemplo a menor escala es el recién llegado *bioo* que promete ser revolucionario para la carga de pequeños dispositivos electrónicos mediante un proceso similar a la fotosíntesis. Aún en fase inicial, sin duda promete aplicaciones futuras de mayor calado.



estrategia biológica



estrategia de diseño

Créditos de imagen: CC-BY-NC-SA.

Figura 1. Estrategia natural y de diseño en como la Naturaleza sólo utiliza la energía que necesita basándose en la libre disponible (composición del autor).

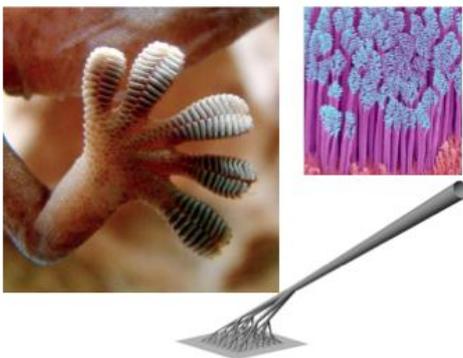
2. La naturaleza construye de abajo a arriba.

Cada organismo es un conjunto de individuos mas pequeños, las células, que a su vez están formadas por piezas aún menores no vivas que fueron las primeras en

desarrollarse en nuestra historia evolutiva. De vez en cuando fueron útilmente incorporadas a las células y tras el paso de mucho tiempo ensambladas en organismos multicelulares. La gigantesca tarea de transformación de la atmosfera terrestre mediante el uso de la energía solar que innovó hacia un sistema bio-eléctrico fue obra de estos microscópicos organismos. Entendiendo la complejidad de tal magna tarea no es sorprender que nosotros debamos entender y aplicar tal proceso en la actualidad.

En **biología** los dedos del reptil gecko poseen medio millón de micro pelos en la base de sus cuatro patas. Cada uno de esos pelos posee de cien a mil pelos aún menores denominadas espátulas. Estas estructuras proporcionan al gecko una fuerza, denominadas Fuerzas de Van der Waals, para adherirse sobre cualquier superficie del tamaño del diámetro de un átomo. Es una adherencia física y no química que ha proporcionado ya numerosas patentes de aplicación industrial.

En el **diseño humano** la afirmación "piensa globalmente, actúa localmente" en términos de sistemas, da prioridad a las conexiones en lugar de reducir el sistema en componentes cada vez más pequeños para su comprensión. La totalidad que utiliza puntos de influencia, actúa en los cambios a pequeña escala pudiendo sobre los sistemas más grandes de los que forman parte. La producción local, urbana, de cercanía, de alimentos por ejemplo es una realidad que hemos que generalizar ante la urgente necesidad de aumentar las inversiones en agricultura y producción de alimentos y su seguridad ante los cambios que se vislumbran.



estrategia biológica



estrategia de diseño

Créditos de imagen: CC-BY-NC-SA.

Figura 2. Estrategia natural y de diseño en como la naturaleza construye de abajo a arriba (composición del autor).

3. La Naturaleza utiliza la química y los materiales que son seguros para la vida.

La química no es un proceso exclusivo de los humanos. Todos los organismos hacen química, bioquímica, dentro y/o cerca de sus propias células. Esto hace que sea imperativo que materiales, productos y procesos químicos utilizados, se apoyen y favorezcan los procesos de la vida. La química de la vida está basada en el agua empleando elementos químicos configurados para que su fin de vida, la biodegradabilidad sea inocua.

Un bonito ejemplo en **biología** es el caso del mejillón marino *Mytilus edulis*, molusco filtrador de la zona intermareal en las costas de muchos mares. La especie se aferran en grandes grupos a las rocas utilizando hilos adhesivos, llamados bisos. Estas proteínas adherentes soportan las embestidas del mar, superficies irregulares y “sucias” gracias a un pegamento especial. Las almohadillas adhesivas de biso contienen un número de proteínas diferentes, y una de ellas, la 3,4-dihidroxifenilalanina (DOPA), juega un papel clave en la capacidad adhesiva del biso. A la adherencia hay que añadir la capacidad de una estructura flexible y permanente basada en una química que no causa ningún daño ni al animal, ni al ambiente que comparte con otras muchas especies vivas.

Las aplicaciones de **diseño** en este caso concreto del mejillón lo vemos en una empresa del sector de la madera, *Columbia Forest Products* cuyo adhesivo *PureBond* elimina el peligroso y dañino formaldehído sin perder eficacia en la adherencia del contrachapado. Este pegamento carente del componente orgánico volátil (COV) es además resistente al agua logrando la suficiente adherencia sin la necesidad de afectar la salud de trabajadores, el aire, el agua y los organismos vivos.

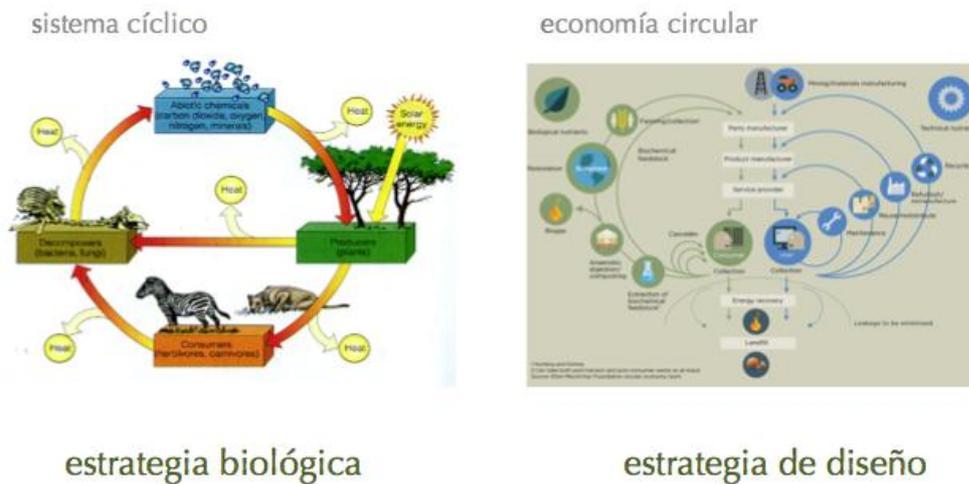


Créditos de imagen: CC-BY-NC-SA y documento PureBond-Columbia Forest Products
Figura 3. Estrategia natural y de diseño en como la Naturaleza utiliza la química y los materiales que son seguros para la vida (composición del autor).

4. La naturaleza supra-recicla todos los materiales.

El termino basura es un invento humano. En la naturaleza el residuo se convierte en una fuente de recursos para otros organismos, cerrando el ciclo de materiales sin ocasionar problema alguno sino mas bien todo lo contrario. Mientras aún empleamos la palabra reciclaje, lo que ocurre en la naturaleza es más apropiado el supra-reciclaje pues el valor del nuevo producto o material adquiere mayor valor que el residuo en sí mismo. No solo se recupera sino que se valoriza de nuevo en algo vivo, de ahí su incremento de valor. Los ejemplos en **biología** son muchos y variados. En la naturaleza, el ciclo del supra-reciclaje no es directo. Los residuos son procesados por un verdadero sistema que incluye numerosos organismos como bacterias, hongos, protozoos, gusanos, insectos,...A una escala molecular, los átomos pasan de molécula en molécula en una sucesión de pequeños pasos siendo el final de un proceso el inicio de otro. Evolución circular pues se repite de modo constante. La distinción entre producción y consumo o entre residuo y nutriente prácticamente no existe en los ecosistemas. Sabemos que el fósforo, en el proceso de supra-utilización de salmones en descomposición tras ser parcialmente ingeridos por los osos, llegará no solo a los osos y carroñeros sino a árboles, piñas, aves o mariposas. Todo el sistema se nutre del proceso. En cada etapa de descomposición o desensamblaje de un material los organismos encuentran las vías para su propio beneficio.

El **diseño** industrial no es ajeno a esta estrategias con ejemplos muy interesantes como la economía circular, la ecología industrial o los sistemas de la cuna a la cuna, mas conocido como *cradle to cradle* que ya aplican el concepto de basura igual a recurso. El sistema industrial ha de reaprender nuevas manera de evolucionar de un sistema lineal a otro circular. El parque industrial de Kalundborg en Europa es una muestra significativa de como un número de empresas utilizan los residuos de otras como fuentes de recursos, creándose vínculos de coexistencia emulados de los sistemas vivos naturales, como si de un bosque se tratara. Muchos mas ejemplos como este han de surgir.



estrategia biológica

estrategia de diseño

Créditos de imagen: CC-BY-NC-SA y documento McArthur Foundation.

Figura 4. Estrategia natural y de diseño en como la naturaleza supra-recicla todos los materiales. (composición del autor).

5.La Naturaleza premia la cooperación.

Cada organismo actúa bajo sus propios intereses y a la vez, el mundo vivo trabaja mediante la cooperación. Esto no debe ser considerados como contradictorio. Podemos entender lo primero a una escala individual si bien reconocer lo segundo a un nivel de grupo, de sistemas. Los sistemas vivos evolucionamos de una estrategia de predador/presa desde las propias bacterias. Si bien hay muchos ejemplos de depredación, el parasitismo y la competencia en la naturaleza, las relaciones que prevalecen son las de cooperación. Algunos ejemplos los reconocemos en el mutualismo, donde ambas partes se benefician de la relación o en el comensalismo, donde uno se beneficia y el otro ni recibe ni daña. A largo plazo, incluso la depredación, el parasitismo o la competencia, pueden ser perjudiciales individualmente pero muestran beneficios a nivel sistémico. Un bonito ejemplo en **biología** lo vemos en el arrendajo *Garrulus glandarius* córvido que previniendo la escasez de comida en invierno esconde en el suelo bellotas para el futuro. El ave elige los árboles con mas semillas, por tanto los mejores genéticamente, que siembra en las lindes y claros del bosque. Se estima que cada arrendajo entierra (siembra) unas 5.000 bellotas al año de las que muchas olvidará su

ubicación favoreciendo la diseminación y extensión del bosque, en particular del género *Quercus* como robles, encinas, castaños o quejigos.

En el dominio del **diseño**, la emergente economía colaborativa es una realidad que crece anualmente a un ritmo del 25%, muy superior al de la economía convencional. Aún no disponemos de cifras concretas pero en Gran Bretaña hay mas de 25 millones de usuarios, mas de 80 millones en EEUU o 10 millones en Canadá. No hay reclamaciones significativos, ni incidencias relevantes y mas del 91% de los usuarios lo recomiendan. El beneficio se realiza de diversas maneras donde hay una ganancia personal pero también global. Por ejemplo la aplicación *BlaBla Car* une tres tecnologías existentes (coches, internet y redes sociales) para poner en contacto a mas de 2 millones de usuarios al mes en 2014 con mas de 1.000 millones de euros en ahorro de petróleo no consumido con la consiguiente reducción en las emisiones GEI. Todos beneficiados de modo descentralizado y cooperativo. Brillante.

Arrendajo



estrategia biológica

economía colaborativa



estrategia de diseño

Créditos de imagen: CC-BY-NC-SA y documento *Buying is the new sharing*.

Figura 5. Estrategia natural y de diseño en como la Naturaleza premia la cooperación (composición del autor).

6. La Naturaleza funciona con información a tiempo real y retroalimentada.

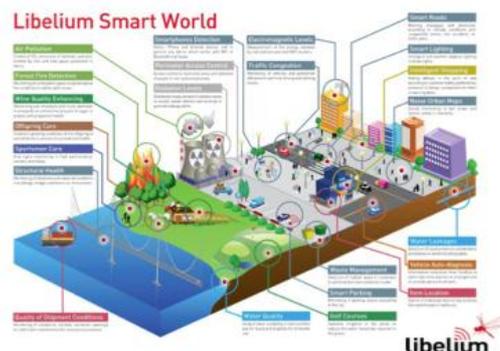
Los organismos y ecosistemas necesitan recibir numerosa información del entorno y ser capaz de actuar de manera adecuada en respuesta a esa información. Este sistema de enviar, recibir y responder se ha afinado a través de millones de años de evolución y así el mantenimiento constante de la temperatura corporal, la sustitución de partes gastadas, la defensa del tipo que sea (territorio, sexual...) o la propia captura de CO₂ son solo algunos ejemplos.

En **biología** un lago, un bosque o un arrecife de coral donde la información fluye para que los organismos vivos realicen los correspondientes ajustes para su propio mantenimiento vital. En un lago, las plantas acuáticas realizan la fotosíntesis proporcionando nutrientes y oxígeno para otros organismos acuáticos. Se producirá CO₂ y al morir la planta proporcionará nutrientes para los microorganismos así como para futuras plantas. Pero si demasiados nutrientes se producen, el ciclo de información se desvía hacia otras especies que mostrarán un crecimiento masivo, los *blooms*, que consumirán todo el oxígeno provocando mas bajas en el sistema. La información a tiempo real desencadena cambios que retroalimentan el proceso. En **diseño** la hiperconectividad hoy día esta siendo clave para numerosísimos aspectos de la vida. No solo están conectados nuestros móviles y ordenadores o tabletas, también los semáforos, los coches, los sistemas de transporte público, el alumbrado, la gestión de la basura urbana, el tráfico aéreo, edificios, lavadoras ... como si de especies de un ecosistema se tratara. Miles de millones de maquinas trabajaban independientemente hasta hace bien poco, pero ahora con los nuevos procesos integrados, las maquinas se comunican entre si alcanzando un elevado grado de eficiencia. Esto es el *internet de las cosas* término empleado para explicar la creciente red digital de las maquinas analizando la información (*big data*) a tiempo real. No solo para ser mas eficaces sino para algo mayor. Las respuestas además de ser inmediatas son las mas apropiadas siendo el problema abordado desde una perspectiva sistémica, ajustable, retroalimentada, emulando el funcionamiento de los seres vivos. Manejando mucha información de modo constante a tiempo real y teniendo en cuenta a un entorno mayor. Todo se conecta a todo, dentro de un sistema de respuestas. Aquí la biomimesis se muestra en su mas alta consideración al conectar todos los componentes de la tecnosfera dentro de la analogía de la biosfera. La empresa española *Libelium* por ejemplo emplea esta tecnología para informar y actuar en ambientes urbanos.



W

estrategia biológica



estrategia de diseño

12

Créditos de imagen: Foto del lago M.Quirós y cortesía de Libelium (libelium.com) Figura 6. Estrategia natural y de diseño en como la Naturaleza funciona con información a tiempo real y retroalimentada. (composición del autor).

7. La naturaleza es resistente a las perturbaciones.

Ser resiliente representa la capacidad de recuperarse después de las perturbaciones o cambios significativos en el entorno. La naturaleza emplea diversos mecanismos para ello como son la diversidad, la redundancia, la descentralización, la auto-renovación o la auto-reparación por ejemplo.

En **biología** encontramos numerosos casos y las praderas están siendo muy estudiadas para entender estos fenómenos. En un ecosistema de pradera hay una importante diversidad de especies de plantas que sirven para diferentes funciones. Unas fijan el nitrógeno, otras retienen el agua, o se encargan de la estabilización de los suelos. La resiliencia se ve reforzada porque esta variedad de plantas se extiende por toda la pradera, coexistiendo varios representantes de cada especie y cada grupo funcional. Colectivamente, esta diversidad también sirve como un implacable sistema de gestión de plagas, ya que estas son específicas de cada planta y no pueden propagarse fácilmente en un ecosistema biodiverso. Por ejemplo ante una sequía, algunas especies podrán llegar a ser mas abundantes, mientras que otras escasearan pero las funciones y la prestación de servicios ecológicos están asegurados. Esto es resiliencia. En las posibles aplicaciones en el **diseño**, vemos en un prometedor estudio en la universidad holandesa de Delft, que desarrolla un asfalto mezclado con ciertas bacterias para crear una especie de bioasfalto donde las bacterias crecerán tupiendo las grietas gracias a la liberación de carbonato cálcico. El deterioro del asfalto supone anualmente ingentes inversiones para las operaciones de mantenimiento, personal, horas perdidas de colapso en tráfico rodado, accidentes, ... Otro caso lo vemos en la Universidad de Alicante con un material que una vez cortado en piezas es capaz de autoensamblarse. Aún en fase de patente.



estrategia biológica



TU Delft

estrategia de diseño

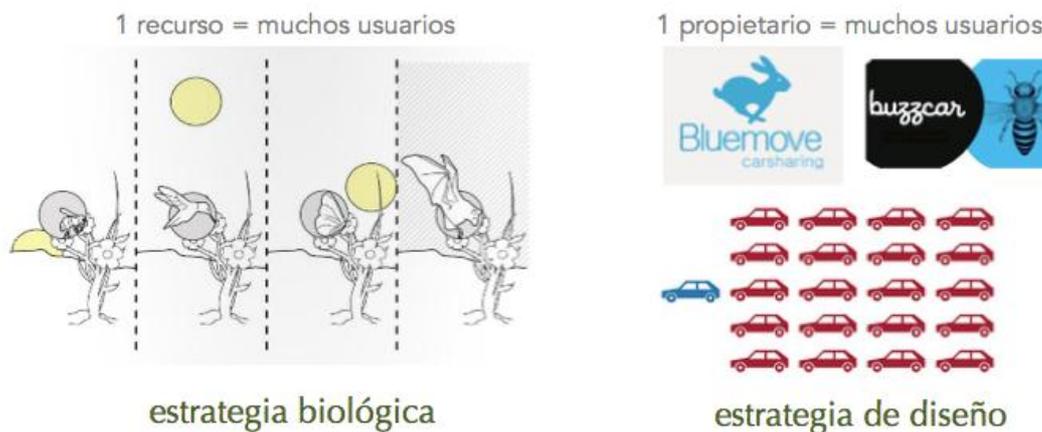
Créditos de imagen: Foto Flickr creative commons y bio-asfalto TUDelft

Figura 7. Estrategia natural y de diseño en como la naturaleza es resistente a las perturbaciones (composición del autor).

8. La Naturaleza optimiza en lugar de maximizar.

Optimizar significa alcanzar algo justo en una adecuada cantidad, un valor entre demasiado y muy poco. Demasiado azúcar o muy poco en sangre puede matar; necesitamos calcio, hierro, etc en un rango optimo, pero demasiado puede ser tóxico. Este papel se entiende muy bien en lo referente a vitaminas, minerales y otros nutrientes pero es igualmente válido para comportamientos como el ejercicio o el sueño así como el empleo de materiales y energía. En **biología** sabemos que el polen en numerosas flores es empleado por numerosas especies que van desde insectos, pasando por aves y mamíferos. Es un recurso vital para sus usuarios así como para la capacidad de dispersión de la planta y para todo el sistema. Un claro ejemplo de *win-win-win*. El polen no se agota, a pesar de ser multi-empleado. Su uso es gestionado para ser óptimo para todos y no maximizado, pues podría ocasionar problemas de subsistencia para otros usuarios del sistema. Además la polinización cruzada permite la extensión y colonización de las propias plantas, generándose futuros nuevos ecosistemas, regenerando la vida. El transporte del futuro pasa irremediabilmente por un cambio radical del **diseño** actual, modelo que no solo maximiza los recursos para la propia fabricación de vehículos y combustible, sino sobre todo para la etapa de uso agotando recursos fósiles y generando daños ambientales irreversibles y a largo plazo. Claro ejemplo antagónico del *win-win-*

win. En algunas grandes ciudades aparecen nuevos sistemas de transporte en los que el cliente demanda no ya la propiedad del vehículo sino el servicio que este representa. No está interesado en poseer el coche, ser su dueño sino que emplea diversos sistemas de uso como Car2go, Bluemove, Respiro, Buzzcar, etc. Esto supone una importante desmaterialización del bienestar que sin duda optimiza los recursos. En este emergente modelo, un solo vehículo puede sustituir a mas de 20 propietarios potenciales que comparten, al igual que los polinizadores, el mismo recurso optimizado. La consiguiente disminución de recursos necesarios para la fabricación supone un importante ahorro en las emisiones de GEI para la totalidad de la biosfera.



Créditos de imagen: Foto HOK y Bluemove/Buzz car webs

Figura 8. Estrategia biológica y de diseño en como la Naturaleza optimiza en lugar de maximizar (composición del autor).

9. La Naturaleza utiliza la forma para determinar la funcionalidad.

La Naturaleza utiliza formas visibles al ojo humano o bajo microscopía que no requieren de suplementos de nuevos materiales o energía, para cumplir las necesidades requeridas. Dicho de otra manera, la forma sigue a la función. Esto permite que un organismo o un sistema emplee el mínimo de energía y recursos para lograr un objetivo determinado.

Un ejemplo en **biología** lo encontramos en el pico del flamenco rojo *Phoenicopterus ruber* que en si mismo es un tratado de hidromecánica. Capaz de filtrar muchos litros por

minuto para capturar partículas nutritivas en la columna de agua somera de las lagunas de las albuferas. Los flamencos se alimentan cabeza abajo y balanceándola permiten que el flujo de agua pase a través de su pico. A diferencia del resto de las aves, tienen la parte inferior del pico mucho más grande y resistente que la superior que además no está rígidamente fijada al cráneo como en otras aves y mamíferos. Una gruesa lengua se mueve dentro de un profundo surco central reuniendo a los nutrientes en pequeñas laminillas que actúan como microredes. Las peculiaridades de esta forma hicieron pensar a un grupo de biomiméticos del equipo Biomival junto con Biomimicry Iberia, al que pertenezco, a estudiar a fondo el **diseño** de la anatomía del pico que fue objeto de más de 600 resonancias magnéticas para poder entender mejor su complejo funcionamiento. Una de las características del pico de este ave es que lo emplea como una bomba que mueve grandes volúmenes de agua para alimentarse, desarrollando un impulso bidireccional del líquido en sentidos opuestos mediante un único movimiento. Tomografías axiales computerizadas ayudaron a entender lo que ocurría cuando el agua fluía dentro del pico, aspecto fundamental para el trabajo. Los estudios revelaron la viabilidad de biologización del pico hacia una turbina mareomotriz bidireccional sin fluidos, ni partes móviles y con captación directa de las olas para ser empleado en boyas, balizas y otras posibles aplicaciones como la carga de bicicletas eléctricas en puertos marítimos y otros dispositivos móviles pequeños sin la necesidad de combustibles fósiles. Tras numerosas menciones y premios, el prototipo está pendiente de financiación para testaje definitivo y producción.



estrategia biológica

estrategia de diseño

Créditos de imagen: Flickr c.commons y cortesía de Biomival/To-Dodesign

Figura 9. Estrategia biológica y de diseño en como la Naturaleza utiliza la forma para determinar la funcionalidad (composición del autor).

10. La Naturaleza integra desarrollo con crecimiento.

Los arrecifes de coral comienzan a formarse cuando las larvas simbióticas de un alga y un pólipo que nada libremente se adhieren a las rocas sumergidas. A medida que los corales crecen y se expanden, los arrecifes adquieren alguna de sus estructuras características de belleza sin igual que proporcionan oxígeno, una extraordinaria biodiversidad, intercambio de nutrientes, sumideros de CO₂, refugio, pesca, etc. Son organismos muy antiguos con crecimientos de escasos centímetros por año. Tardan en desarrollarse más de 10.000 años y tienen una antigüedad de más de 30 millones de años. Todo a partir de 1 solo microorganismo capaz de formar el ser vivo más grande del planeta, visto desde el espacio, que crece y va desarrollando todo un complejo ecosistema que proporciona innumerables servicios planetarios.

En **diseño**, la empresa Lúndia de mobiliario, produce bajo un sistema modular en el que puedes comenzar con una sencilla estantería y a medida que demandamos más espacio, el mueble crece añadiendo nuevos módulos. Paralelamente existen otros complementos como camas, mesas de trabajo, armarios que se van acoplando a nuevas necesidades. Las piezas pueden ser reajustadas a nuevas necesidades en base a la nueva función que el cliente desee. Crece desarrollando nuevas aplicaciones. También lo vemos ya en algunas pequeñas poblaciones como Sarriguren en Navarra, España que integran un modelo de crecimiento basado en el desarrollo de la población proporcionando servicios sistémicos para los habitantes a largo plazo, integrando modularidad, empleo mayoritario de energías no fósiles y mostrando un modelo diferente de ciudad inteligente.



Crédito de imágenes: NOAA's Coral Reef Watch Program y Lundia web

Figura 10. Estrategia biológica y de diseño en como la Naturaleza integra desarrollo con crecimiento (composición del autor).

Conclusiones

El entendimiento profundo y sistémico de las comunidades ecológicas, los propios ecosistemas en si, nos ayudan ya a concebir un mundo diferente resiliente, regenerativo y duradero en el que no solo nos ajustamos a las leyes de la Tierra sino que optimizamos los recursos disponibles para todos los seres naturales que la habitan. Uno de los caminos evidentes de un modelo de éxito a largo plazo basado en el beneficio común es aquél que se fundamente operativa y filosóficamente en las estrategias del mundo natural que nos rodea. La sabia compañera de viaje de la nave espacial llamada Tierra. Mucho hay escrito desde hace décadas sobre el cambio que la civilización ha de afrontar, pero parece que es ahora cuando *Homo sapiens* está adquiriendo un nivel de consciencia un paso superior que nos capacita para su comprensión y aplicación.

La naturaleza guarda secretos que no solo nos fascinan sino que además nos ayudan a crear un mundo mejor ahora y para las próximas generaciones, nuestros hijos y nietos. El camino no es fácil pero al final tenemos una guía experta que lo lleva demostrando

mucho antes de que nuestra especie fuera si quiera un modelo de organismo por aparecer. El esfuerzo en esa comprensión sin duda merece la inteligencia que nuestra especie *sapiens* define.

Referencias

Allen, R. (2010). *Bulletproof Feathers: How Science Uses Nature's Secrets to Design Cutting-Edge Technology*,

Baumeister, D. y col.(2012) *Biomimicry Resource Handbook*. Biomimicry Group Inc.

Benyus, J. (2012). *Biomimesis: Innovación inspirada en la naturaleza*. Ed. Tusquets.

<https://biomimicry.org/> [consultado el 03/04/2016]

<http://biomimicry.net/> [consultado el 03/04/2016]

Blaze, P. & Wals, A.E.J.(2004) *Higher Education and the Challenge of Sustainability*.

Brown, L. R.(2001) *Eco-economy: Building an economy for the Earth*. Ed Norton.

www.bullittcenter.org [consultado el 03/04/2016]

blogs.funiber.org/tag/cuidado-del-medio-ambiente [consultado el 03/04/2016]

<http://gcstz.com/> [consultado el 03/04/2016]

Hoagland, M., Dodson, B & Hauck, J. (2001). *Exploring the way life works*. Jones & Bartlett Publ.

Jenkin, P.M. (1957). *The filter-feeding and food of flamingoes (Phoenicopteri)*,

Department of Zoology, Bristol University.

Lowman, P.D. (2002). *Exploring Space, Exploring Earth*. Cambridge Univ. Press.

MacArthur E. Foundation and McKinsey. *Towards Circular Economy*. 2014

McDonough, W. & Braungart, M.(2002). *Cradle to cradle: remaking the way we make things*. NY, North Point Press.

Meadows, D y col. (2010). *Los límites del crecimiento. 30 años después*. Ed. Gutemberg.

natureinspireus.wordpress.com [consultado el 21/05/2016]

Quirós M. y Millard T. "Biomimesis I y II". *La ciudad sostenible*. 50-53 y 82-85. 2013

www.stockholmresilience.org/21/research/research-programmes/planetary-boundaries.html [consultado el 03/04/2016]

Tillman J.L. (1994). *Regenerative Design for Sustainable Development*. John Wiley & Sons Inc.

Wahl, D.C. (2016). *Designing regenerative cultures*. Triarchy press

Walker, S. (2006). *Sustainable by Design*.

Tempelman, E, van der Grinten, B, Mul E-J & de Paw I.(2015). *Nature Inspired Design*.
TU Delft



Créditos de imagen: cortesía de To-Dodesign