

# Por qué mirar la naturaleza

• Fernando Sierra R.

Los miembros de la línea de investigación en biónica del Grupo de Estudios en Diseño (G.E.D) de la UPB, luego de revisar y sopesar varias definiciones de lo que es la biónica propuestas por diversos autores, hemos redactado la siguiente: Biónica es el estudio de los sistemas naturales, su forma, función y procesos con el fin de extraer modelos que den indicaciones técnicas y conceptuales para innovar en el diseño.

El G.I.B ha venido adelantando a lo largo de año y medio, una investigación en la que se han documentado una gran cantidad de casos de aplicación de la biónica en la generación de productos, técnicas o conceptos; para luego estudiar la metodología seguida en estos casos y de allí proponer una metodología propia desde la biónica para el diseño. Dentro de esta búsqueda hemos encontrado que hay muchos casos en que no puede hablarse propiamente de biónica pero sí de relación con ésta, ya que el hombre siempre ha recurrido a la naturaleza como modelo a partir del cual crear. Más aún no puede hablarse de creación pura; siempre tiene que haber un referente del que se parte y en un principio, antes del origen de la civilización y del mundo técnico, el único referente era el mundo natural.

23

## ¿Que es naturaleza?

En la actualidad está bastante en cuestión la pretendida separación entre el mundo técnico y el mundo natural: sabemos que ambos se condicionan y moldean mutuamente. Más

aún; no puede negarse que el concepto de naturaleza es una construcción cultural que está sujeta a cambios dependiendo del lugar geográfico o del momento histórico. Esto es algo en lo que quisiera detenerme un poco:

### Concepción reduccionista

El concepto de naturaleza que la mayoría tenemos data de la época de Newton y su concepción reduccionista del universo; esta es una naturaleza máquina en la que si se conocen todas las variables que determinan un sistema, puede predecirse en detalle el comportamiento futuro de dicho sistema. En este enfoque las variaciones mínimas en un sistema producen cambios mínimos en la conducta de éste y las variaciones drásticas producen cambios drásticos. Esta concepción de la naturaleza sigue siendo operante cuando uno utiliza modelos simplificados que toman lo “esencial” y no tienen en cuenta los detalles.

Todos recordamos de la secundaria cuando se nos proponía un problema en el que se estudiaba un péndulo “ideal” en el que se despreciaban el rozamiento, la influencia de fuerzas como la gravedad y en fin, así de a poco se iba mutilando la realidad eliminando factores que no se consideraba que tuvieran una influencia decisiva en el comportamiento del sistema. Desde esta concepción de la naturaleza se han hecho muchos de los aportes biónicos a nuestra cultura material. Ahora quisiera exponer algunos ejemplos de aporte desde dicha concepción: Si tomamos un fenómeno natural como las estrategias de dispersión de semillas en las plantas, encontraremos que hay un sinfín de productos desarrollados a partir de ellas, para citar dos: el velcro<sup>1</sup> y el autogiro<sup>2</sup>.

El autogiro fue diseñado por el ingeniero español Juan de la Cierva que observando la forma en que se mueven las semillas de arce describiendo curvas helicoidales por el aire, desarrolló un avión antecesor del helicóptero, y aunque fue bastante olvidado por la popularidad inmediata de este último, aún se usa hoy en día en el vuelo deportivo y se le está reconsiderando como alternativa de transporte aéreo urbano.

El velcro es un sistema de cierre inventado por el ingeniero suizo Georges de Mestral en 1948 luego de observar como algunas semillas erizadas de pequeños garfios se adherían al pelo de los animales y a su propia ropa. Consiste en un tejido de nylon lleno de pequeños ganchillos y otro de apariencia lanuda que al juntarse se adhieren firmemente. Hoy en día difícilmente encontraremos un maletín que no

1-Folleto informativo de la firma Kirk, sin fecha.  
2-KRESLING, Biruta e COINEAU, Yves. Le Invenzioni della Natura  
Edizioni Paoline. Pp 72 - 73  
<http://homepages.enterprise.net/ianjm/Vpm02.jpg>

tenga un cierre de velcro en alguno de sus bolsillos, pero el invento estuvo guardado por muchos años sin uso práctico; primero por que la tecnología del nylon aún no había avanzado lo suficiente como para permitir su fabricación y luego por que se requería un cambio total de paradigma (el paradigma de las cremalleras y los botones) para evidenciar las bondades del producto. Este cambio llegó con la era espacial, cuando los astronautas tuvieron la necesidad de que las cosas se quedaran en lugares fijos en ambientes de gravedad cero, y así fue como hasta los mismos astronautas se fijaron a sus asientos con velcro. A partir de allí comenzó una etapa de experimentación con posibles aplicaciones del producto que aún

La **biónica** con frecuencia propone **soluciones** no viables con la tecnología disponible, por lo que se hace necesario desarrollar nueva tecnología y de esta manera se **genera** auténtica **innovación**.

continúa: se calcula que en los estados unidos unas 5000 patentes incluyen al velcro. Como la fuerza de sujeción está determinada por el área, la resistencia del agarre aumenta exponencialmente con ésta. Se han hecho experimentos sujetando las piezas de un automóvil con velcro; desde las sillas, hasta el parachoques, encontrándose que al cabo de algún tiempo de uso, las partes sujetas con tornillos están más flojas que las sujetas con velcro, pues éste con la vibración se afianza más. Este ejemplo ilustra varios puntos clave de la biónica:

- + La biónica con frecuencia propone soluciones no viables con la tecnología disponible, por lo que se hace necesario desarrollar nueva tecnología y de esta manera se genera auténtica innovación.
- + Las soluciones que la biónica propone son de carácter general y sistémico, y por lo tanto no se aplican a un problema específico sino a un género de problemas o producen sistemas más que soluciones particulares, siendo por esto muy versátiles y adaptables.
- + Las analogías empleadas producen soluciones que la mayoría de las veces no recuerdan de forma evidente al punto de partida natural, ya que son una interpretación de éste.

Un último ejemplo que quisiera citar es el del automóvil *dymaxion*<sup>3</sup> diseñado en 1933 por R. Buckminster Fuller. El sabía que la resistencia del aire aumenta en razón del cuadrado de la velocidad; es decir: si el auto triplica su velocidad la resistencia del aire será nueve veces mayor y un porcentaje alto del combustible se gasta en vencer esta resistencia. A la luz de estas circunstancias fue obvio para Fuller que los automóviles de la época estaban mal diseñados: tenían básicamente la misma forma que un carruaje de caballos en el que se ha reemplazado a estos por un motor a combustión. En otras palabras eran poco más que cajas con ruedas (otro caso en el que un antiguo paradigma vicia un nuevo diseño) surge entonces la pregunta: ¿cuál es la forma ideal para desplazarse por entre un fluido como el aire produciendo el mínimo de perturbaciones en éste? Fuller encontró la respuesta en las gotas de lluvia. El agua es a su vez otro fluido y por lo tanto toma la forma del recipiente que la contiene. Cuando una gota de lluvia cae por entre el aire toma la forma que este le da y que mas fácilmente le permite desplazarse. Fue así como Fuller diseñó un auto de tres llantas con forma de gotera; en las dos llantas delanteras estaba la tracción y en la trasera la dirección. Este auto, con un motor estándar comprado a la fábrica Ford alcanzaba sin dificultad los 190 kilómetros por hora, cuando cualquier otro automóvil de la época habría necesitado un motor tres veces más potente para realizar la misma hazaña.

## Concepción no lineal

Los casos anteriores pueden citarse como ejemplos con respecto a la visión reduccionista de la Naturaleza (Puede verse que estas son todas soluciones de tipo mecánico), pero cuando se intenta considerar la totalidad de un sistema nos topamos de frente con la complejidad y la no linealidad, vemos que es imposible conocer todas las variables que lo afectan; vemos que variaciones mínimas pueden alterar drásticamente su comportamiento, y que no todo en este comportamiento es predecible, sino que tienen que aparecer el caos y el azar. La naturaleza es en esencia no lineal. Cuando hablamos de linealidad nos referimos a líneas rectas, ecuaciones del tipo  $y = ax + b$  sin potencias de  $x$  ni de  $y$ . La linealidad implica sistemas que poseen aditividad, es decir, decimos que si un sistema es lineal la suma de dos soluciones es otra solución. En otras palabras, si el total es exactamente la suma de las partes. La gran ventaja de los sistemas lineales es que se pueden analizar fácilmente. Como las soluciones pueden sumarse, el sistema puede descomponerse en pequeñas partes, resolverlas separadamente y luego sumarlas. Todo esto es inaplicable en un sistema no lineal. Para comprender mejor uno de estos sistemas miremos la más simple de las operaciones no lineales: elevar al cuadrado: “Como se aprende en la secundaria, no es posible obtener el

cuadrado de una suma elevando los miembros al cuadrado separadamente y luego sumando los resultados: si  $z = x + y$  no es cierto que  $z^2 = x^2 + y^2$ , queda faltando un poco:  $2xy$ , en caso de que ya lo haya olvidado<sup>4</sup>. Esto explica ese gran principio sinérgico según el cual el todo es más que la suma de las partes. Por otra parte muchos procesos de la naturaleza se rigen por la iteración<sup>5</sup> o retroalimentación (traducción de *feedback*) que consiste en tomar el resultado de una operación o un proceso y volverlo a someter al mismo proceso, lo que usualmente se expresa como llevar la salida de nuevo a la entrada. Es el mismo efecto que se produce cuando hay un micrófono conectado a un amplificador: El micrófono capta el débil zumbido del amplificador y lo lleva de nuevo a éste, que lo amplifica y crea un ciclo por el que terminamos oyendo un pito ensordecedor que no es más que el débil zumbido del amplificador magnificado. Es el mismo proceso por el que se crean los maravillosos paisajes de geometría fractal y es lo que puede magnificar el efecto de una fluctuación pequeña en un proceso. Todos hemos oído decir que una mariposa que bate las alas en Japón puede ocasionar una tormenta en Nueva York, lo cual es una forma de ilustrar el comportamiento no lineal del clima. Debido a que es imposible considerar todas las variables que afectan un sistema y en que medida afectarán el comportamiento de éste, asuntos como la predicción a largo plazo del clima son imposibles. Sin embargo puede predecirse con certeza casi absoluta que el clima de Medellín para el 14 de agosto del año 2025 estará entre los 18° y los 30° porque esa es otra cualidad importante

de los sistemas no lineales: no son predecibles pero se autoregulan.

Para citar un último ejemplo de esto miremos el estudio sobre el movimiento de los planetas en sus órbitas hecho por Henri Poincaré<sup>6</sup> en el siglo pasado: Cuando se consideraba un sistema simplificado de un planeta orbitando el sol todos los cálculos funcionaban, pero cuando se intentaba añadir un segundo planeta al sistema, las interacciones gravitacionales entre ambos y el sol vuelven insolubles y las ecuaciones no tienen una solución exacta; se requieren una serie de aproximaciones para “cerrar” el problema. Estas aproximaciones evidencian pequeñas fluctuaciones que hay que pasar por alto para hallar la solución, pero que están ahí y que podrían magnificarse por un proceso iterativo introduciendo el caos. Como vemos, nuestro sistema solar no es tan estable como parece.

Esta concepción de la naturaleza impredecible, consecuencia de una mirada menos simplificada, le ha hecho también grandes aportes a la biónica, como los conceptos de sistema en equilibrio dinámico, de que la energía al fluir por un sistema lo organiza; que es lo que se conoce como autoorganización<sup>7</sup>, métodos de diseño evolutivo y en general los planteamientos básicos de

3-McHale, John. R. BUCKMINSTER FULLER. Editorial Hermes, S.A. México-Buenos Aires. 1962

4-SAUNDERS, Peter T. Nonlinearity, what it is and why it matters. En A.D. Architectural Design. Vol 67 N° 9-10 p 52

5-BRIGGS, John, y PEAT, F David. Espejo y reflejo: del caos al orden. Ed Gedisa 1994 Barcelona. Pp 66-83

6-BRIGGS, John, y PEAT, F David. Espejo y reflejo: del caos al orden. Ed Gedisa 1994 Barcelona. Pp 37

7-HAKEN, Hermann. FORMULAS DEL ÉXITO EN LA NATURALEZA. Biblioteca científica Salvat. SALVAT Editores, S.A. 1986.

la sinérgica. Es desde la sinérgica que hemos aprendido a considerar la evolución como un proceso de diseño por optimización y viceversa, lo que ha posibilitado nuevas formas de abordar los problemas de diseño. Un ejemplo clásico de autoorganización es un hormiguero: ninguna hormiga posee el plano completo del hormiguero ni sabe como va a quedar. Cada individuo de la colonia responde tan solo a un sistema de instrucciones extremadamente básico (algo así como toma este grano de arena y ponlo con los otros) el cual sumado a los recorridos de las hormigas en constante movimiento y las interacciones entre estas hace que se organice 'por sí solo' un hormiguero de impresionante complejidad.

Como sea que miremos el mundo natural, es un hecho que se interpenetra con nuestro mundo técnico, ya que ambos tienen que obedecer las mismas leyes físicas: Si yo tiro una piedra hacia arriba, sé que caerá, la energía siempre fluye por los caminos de menor resistencia. Son estas pautas las que permiten el diseño y este a su vez permite que seamos quienes somos, ya que moldeamos el medio ambiente, pero este también nos moldea a nosotros. Al crear el ambiente en el que vivirá, el hombre también está decidiendo que tipo de organismo será.

## Fractales

La proporción áurea se ocupa de relaciones de tamaños, y son una excelente forma de explicar muchas formas naturales desde la concepción reduccionista de la naturaleza, pero la geometría fractal, es la otra disciplina que explica formas naturales desde lo no lineal. Se preocupa por patrones y repetición. De todas maneras ambas geometrías -los fractales y la proporción áurea- están relacionados de forma íntima.

Los fractales se generan por un proceso del que ya hablamos: la retroalimentación o llevar la salida de nuevo a la entrada y la principal cualidad que los caracteriza es la autosimilaridad.

Es frecuente que un texto sobre fractales comience con la siguiente pregunta:

*¿Cuánto mide la costa de Inglaterra?*

Eso depende de que tan de cerca quiera yo medir. Si empleo un instrumento que mida kilómetros lineales obtendré una medida pero dejaré por fuera muchos detalles y recovecos de la costa. Si decido seguir el contorno de todos estos recovecos utilizando un instrumento que mida digamos en metros obtendré mucho más detalle y así obtendré una cifra mucho más alta como medida total, pero aún quedarán por fuera muchos pequeños detalles. Puedo continuar aumentando infinitamente el nivel de detalle y eventualmente llegaré a la conclusión de que la costa de

Los **fractales** se generan por un proceso del que ya hablamos: la **retroalimentación** o llevar la salida de nuevo a la entrada y la principal cualidad que los caracteriza es la **autosimilaridad**.

Inglaterra es infinitamente larga pero obviamente encierra un área medible. Esto es típico de un fractal: si miramos una fotografía aérea de la costa, las ensenadas y penínsulas se verán virtualmente iguales que los pequeños detalles en los bordes de un charco, o en otras palabras las partes son iguales al todo que es la forma más sencilla de definir autosimilaridad.

Las dos propiedades antes mencionadas: retroalimentación y autosimilaridad bastan para construir un fractal y es por esto que muchas formas naturales que tienen estos comportamientos tienen también geometría fractal como las nubes, los remolinos y otras formaciones que dependen del clima, las ramificaciones del sistema circulatorio y los alvéolos pulmonares. Por supuesto existen también las más diversas aplicaciones tecnológicas para los fractales, desde la creación de paisajes fantásticos para el cine de ficción hasta el diseño de ramificaciones en sistemas de ventilación o algo aún más interesante: el diseño ya no de entidades mecánicas, sino de estrategias, pautas de organización y procedimientos que ayuden a mejorar nuestras vidas y mirar el mundo y a nosotros mismos en una dimensión compleja donde nada pasa sin afectar y modificar al todo, para bien o para mal.