



## LA NATURALEZA COMO RESPUESTA

Eje 2: Tecnología para la construcción sustentable

**Vedoya Daniel E.<sup>1</sup>**

**Prat Emma S.<sup>2</sup>**

Instituto de Investigaciones Tecnológicas para el Diseño Ambiental del Hábitat Humano (ITDAHu). Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Nacional del Nordeste, Resistencia, Chaco, Argentina, <sup>1</sup>devedoya@gmail.com; <sup>2</sup>emmasus@hotmail.com

### RESUMEN

Cuando tenemos delante de los ojos una hoja de algún vegetal, sólo se nos ocurre imaginarnos ese objeto natural como parte integrante de un complejo mayor, sea éste árbol, arbusto, planta, etc.

Su sola imagen nos mantiene absortos, y no podemos alejarnos de aquello que la experiencia de vida nos ha marcado: se trata de una simple hoja, parte de algún vegetal.

Ni remotamente se nos ocurre pensar que lo que tenemos entre las manos es, ni más ni menos, un laboratorio de química y física, de los más sofisticados que existen, donde se elaboran procesos complicados que dan por resultado el propio alimento del vegetal, como así también, por extensión, provee de alimento a otros seres vivos, ejerce un intercambio permanente de dióxido de carbono y oxígeno –según se trate de día o de noche-, consumiendo tan sólo la luz que proviene del sol.

De esta forma, en todo el planeta, el reino vegetal produce anualmente la considerable suma de 300 mil millones de toneladas de azúcar. Toda una industria silenciosa, anónima y, por sobre todas las cosas, no contaminante. Tomando acá las palabras de la bióloga Yanine Benyus: “Cuando sales al mundo natural, cuando caminas por la naturaleza, estás en un laboratorio de química en el que no hay que llevar mascarilla, ni gafas protectoras, porque la vida ha descubierto la manera de hacer lo que intentamos hacer nosotros ahora.”

Lo mismo ocurre con la arquitectura. Vemos los edificios y sólo se nos ocurre pensar en esas moles de cemento como tales: sólo edificios.

No se nos ocurre descubrir la esencia misma de la vida que se desarrolla en sus espacios internos y externos, el intercambio permanente entre sus ocupantes y el medioambiente, las relaciones existentes entre el clima y el ambiente interior, las condiciones de habitabilidad subordinadas al uso de artefactos, energías no convencionales, protecciones necesarias como consecuencia de diseñar espacios poco protegidos, etc.

Y en todo esto, el olvidado de siempre, el sol, del que sólo nos preocupa protegernos, aislarnos, sin comprender que de él dependen nuestras vidas, nuestro confort.



La biomimesis se presenta entonces como un medio eficaz que nos permite resolver todos estos problemas. La naturaleza ha experimentado por nosotros a lo largo de millones de años, sin declinar, superando obstáculos, reciclando, renovando, reemplazando... sin ninguna resistencia ni imposición alguna, ella, por sí sola, nos ofrece su enseñanza.

## PALABRAS CLAVE: BIOMIMÉTICA - DISEÑO SUSTENTABLE - EFICIENCIA ENERGÉTICA

### 1. INTRODUCCIÓN

Las plantas son autótrofas, es decir, producen su propio alimento.

Este proceso se conoce con el nombre de fotosíntesis, fenómeno que ocurre en los organismos de las plantas y consiste en la unión entre dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ), mediante la presencia de energía solar dando como resultado la producción de azúcar ( $\text{CH}_2\text{O}$ ). El azúcar es utilizada como materia prima para la formación de otros compuestos, que resultan el alimento primario de los vegetales. En todo este proceso hay un excedente, oxígeno ( $\text{O}_2$ ), que es expelido a través de las estomas (poros) de las plantas (Fig.1).

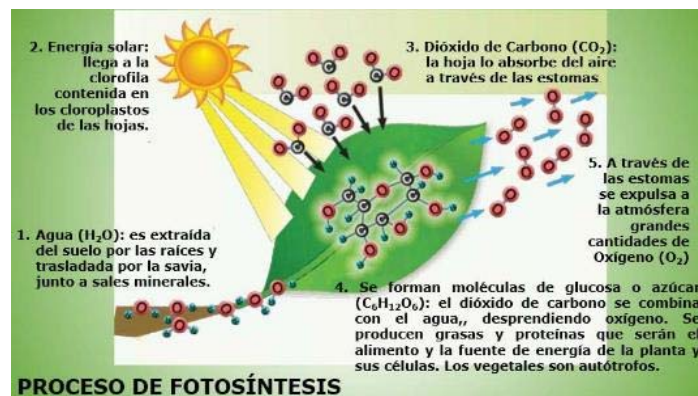


Fig. 1 – Proceso de fotosíntesis

En un proceso inverso, la respiración es la función opuesta a la fotosíntesis. Ahora la energía almacenada en el azúcar se libera en presencia de oxígeno, desprendiendo dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ), originalmente unidos por la energía solar para formar el azúcar.

Necesariamente, el primero se produce en horas diurnas, mientras impera el sol, y el segundo en horas de la noche.

Para todo este fenómeno no es necesario ni un ambiente protegido, ni probetas, ni ningún otro elemento propio de la industria química, sólo tres ingredientes: luz solar, agua y dióxido de carbono. Y un espacio mínimo entre las dos superficies que cubren el interior de una hoja vegetal.

¿Por qué no observar la naturaleza y tratar de comprender de qué manera ha resuelto sus problemas?

La respuesta a este interrogante nos la da hoy la BIOMIMESIS, vocablo que surge de la conjunción de otros dos: bios = vida y mímesis = imitación (imitación de la vida, imitar a la naturaleza).



No obstante, la biomimesis no consiste sólo en imitar a la naturaleza. Fundamentalmente, trata de comprender cómo la naturaleza ha resuelto sus problemas, y aplicar ese conocimiento a la solución de los problemas propios de la humanidad.

En síntesis, se trata de observar a la naturaleza para aprender de ella.

La biomimesis se presenta así como una rama de la ciencia, constituyendo un método para resolver problemas mediante un acercamiento a la naturaleza.

Es una nueva manera de ver y valorar la biodiversidad y un punto de partida hacia la sustentabilidad, convirtiéndose en una disciplina de diseño que centra su accionar en un aprendizaje a partir de las formas, los procesos y los sistemas naturales, de modo de crear diseños tecnológicos que sean sostenibles.

En este contexto, la biomimesis es una alternativa válida para enfrentar los riesgos de supervivencia a que se enfrentan las próximas generaciones, integrando procesos que toman ejemplos de la naturaleza, generando empresas ecológicas mucho más rentables, y ofreciendo una mejor calidad de vida para los seres humanos.

El primer paso para encarar el estudio de la naturaleza es conocer cómo se conforma, cómo se organiza, cómo se comporta, para lo cual encaramos su estudio tres enfoques diferentes:

- desde las FORMAS
- desde los PROCESOS
- desde los SISTEMAS

La importancia de las FORMAS, los PROCESOS y los SISTEMAS naturales radica en su respuesta a determinadas necesidades técnicas y a su adecuada utilidad.

### Las FORMAS

La relación del ser humano con la realidad externa se realiza mediante sensaciones vicuales, táctiles, olfativas, auditivas, gustativas, etc., preeminentemente por medios visuales.

Una forma es inherente a una cosa, lo que sabemos de la cosa, lo observable. La forma es el modo con el cual el objeto se presenta al sujeto.

El primer conocimiento que tenemos de una cosa es siempre sensorial y no inteligente (Fig. 2).

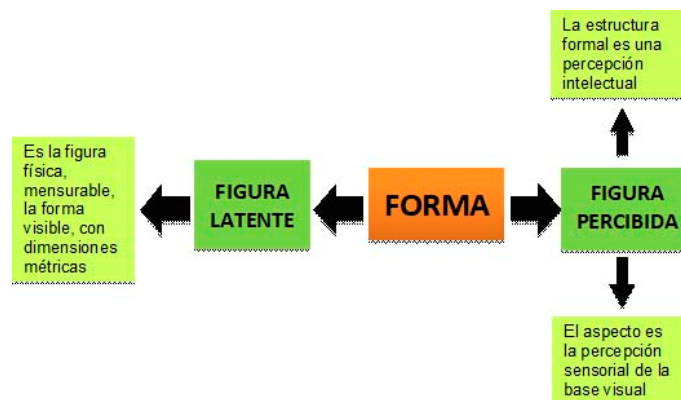


Fig. 2 – Ambivalencia de la forma: figura percibida y figura latente



¿De qué manera la forma natural podría servir a la arquitectura como modelo para un buen diseño?

Consideramos que la simple copia formal y figurativa de la naturaleza no puede ser considerada biomimesis.

La conformación constructiva de los animales revela estructuras refinadas y principios arquitectónicos complejos que superan la capacidad humana en términos relativos.

Se destaca en ellos su funcionalidad ecológica en tanto satisfacen sus necesidades primarias, ahorran esfuerzo, se adaptan al medio natural y minimizan el uso de materiales y energía (Fig. 3).

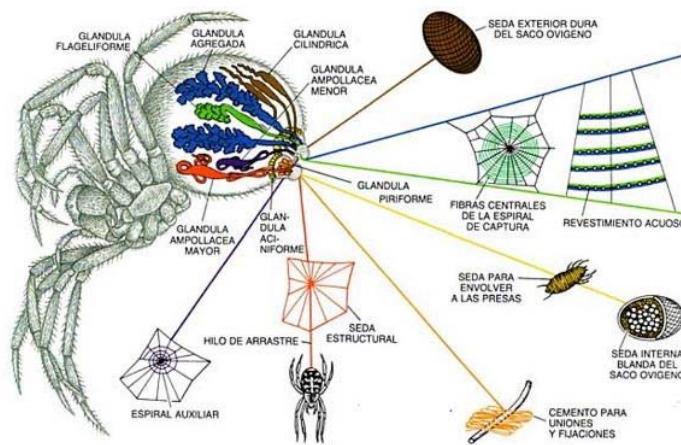


Fig. 3 – Multiplicidad de usos de la seda de araña

Los edificios no deberían ser vistos como productos de un mercado económico, sino con criterio holístico, en los cuales no sólo predomina su forma, sino también se desarrollan procesos y sus componentes conforman verdaderos sistemas.

Los animales, sin ningún alarde, han resuelto los mismos problemas que aquejan a los seres humanos, y lo que resulta más interesante, lo han resuelto bien: sistemas de regulación de temperatura y humedad (termitas, abejas, hormigas, Fig. 4), escaleras y rampas, puertas con bisagras, trampas cazadoras (arañas, Fig. 5), minimización del uso de materiales, mano de obra, etc. (respeto a las leyes del mínimo esfuerzo y economía de la sustancia, Fig. 6).

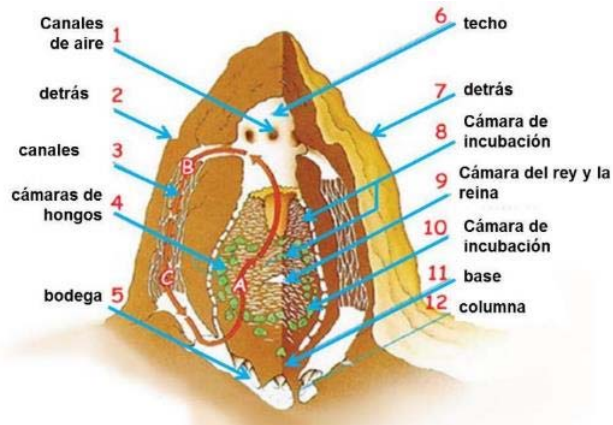


Fig. 4 – Esquema interior de un termitero africano

Los animales nos ofrecen soluciones apropiadas para el control de la temperatura, gestión del agua, impermeabilización y control de la humedad, ventilación y renovación del aire, gestión de residuos. Algunas arañas reciclan su propia proteína.

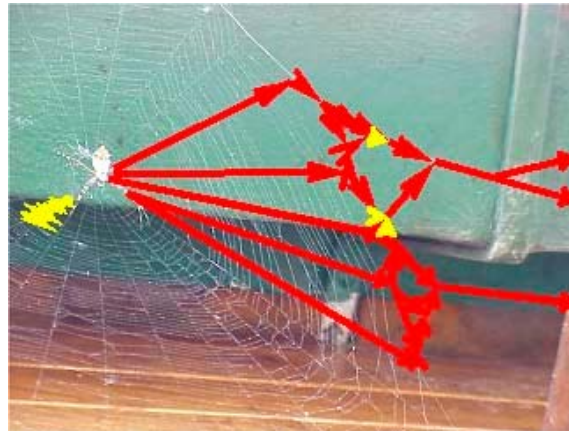


Fig. 5 – Estudio de la estructura de una red de seda de araña

La biomimética no debe ser solo metafórica o morfológica, sino un aporte al desarrollo.



Fig. 6 – Detalle de un panal de abeja. Un ejemplo de economía de la sustancia y aprovechamiento del espacio





Un diseño biomimético debe realizar las mismas funciones que un árbol en la naturaleza, que es al mismo tiempo sombra, alimento, reparo, fertilizante del suelo, consumidor de anhídrido de carbono y emisor de oxígeno, al mismo tiempo que engalana parques y paseos (Fig. 7).



Fig. 7 - Una sequoia y algunas de las especies dependientes

Un bosque es complejo: arbustos, árboles, enredaderas, musgos, hongos, líquenes, monos, yaguaretés, carpinchos, escarabajos, hormigas, aves diversas, etc., se extienden hacia arriba y hacia abajo, llenando cada recoveco de vida.

## Los PROCESOS

*“No sólo basta conocer las especies, también es importante saber su interrelación, es decir, cómo se ayudan para hacer sus procesos. Toda esta parte es muy interesante para el Biomimetismo y para la humanidad”,* afirma Melina Ángel, investigadora colombiana del Biomimicry Institute, Nueva York.

Cuando observamos la naturaleza descubrimos que la creatividad humana ha sido superada sobradamente. Investigaciones recientes han descubierto que los humanos no fueron la primera especie en inventar varios de los mecanismos que se le hubieron atribuido. La rueda, este supuesto “invento” que ha evolucionado y revolucionado en todos los ámbitos de la industria, ya la naturaleza, muchos millones de años antes, la ha aplicado en ámbitos microscópicos, imposible de ser percibidos por el ojo humano sin la ayuda de instrumentos de precisión.

Y lo mismo sucede con algunos derivados, como las tuercas y tornillos, los engranajes, etc.



## Tornillos y tuercas

El mecanismo de tuerca y perno que es empleado para atornillar una cosa a otra, ya los gorgojos hacen lo mismo para unir sus piernas a sus cuerpos en lugar de usar la bola más familiar de articulación de zócalo.

Científicos del Instituto de Radiación Síncrotrón en el Instituto de Tecnología de Karlsruhe (ANKA) y el Museo Estatal de Historia Natural en Karlsruhe en Alemania, dirigidos por Thomas van der Kamp, han estado estudiando al *Trigonopterus oblongus*, un género de 90 especies descritas de gorgojos no voladores que se originan en regiones de bosques tropicales de Nueva Guinea, Sumatra, Filipinas, Samoa y Nueva Caledonia (Fig. 8).



Fig. 8 – Trigonopterus Oblongus

El *Trigonopterus oblongus* es un género de gorgojos no voladores que se encuentra en un área entre Sumatra, Samoa, Filipinas y Nueva Caledonia. Tiene la particularidad de que su cadera no consiste en el gozne de costumbre, sino en articulaciones basadas en un sistema de tornillo y tuerca (Figs. 9 y 10).

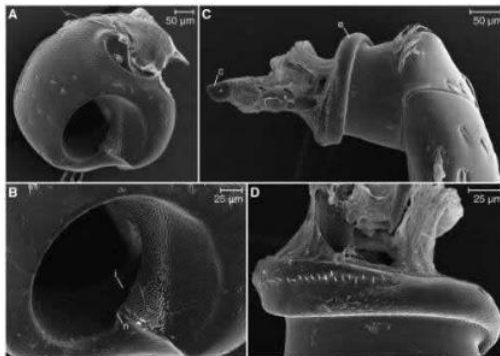


Fig. 9 Vista aumentada del Sistema de articulación

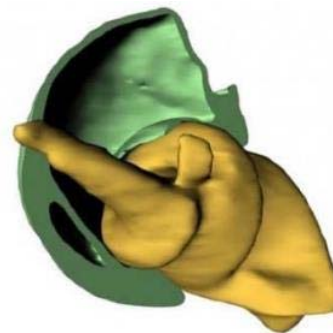


Fig. 10 – Detalle del encastre en la cadera

Fuente: <https://phys.org/news/2011-07-papuan-weevil-screw-in-legs.html>

## Engranajes

Otro ejemplo, en este caso de mecanismo de locomoción, lo tenemos en el *Issus coleoptratus* (Fig. 11), un pequeño saltamontes saltamontes que, si bien no puede volar, sí puede saltar (Fig. 12), y lo hace muy bien gracias a que sus patas cuentan con un mecanismo especial en sus extremidades.



Un grupo de biólogos del Reino Unido, con la ayuda de un microscopio electrónico de barrido, descubrió que dispone de «engranajes» en la base de sus patas. Es el primer animal del que se sabe que posee unas estructuras en el cuerpo que funcionan como engranajes, los cuales sincronizan el impulso de propulsión de las patas traseras (Fig. 13). Este descubrimiento ha sido publicado en Science.

No obstante, este mecanismo tiene una vida útil muy reducida, y va desapareciendo a medida que pasa del estado de ninfa al de adulto.

A medida que crece desarrolla distintas técnicas de salto, y sus despegues del insecto se hacen cada vez más rápidos, mientras va dejando atrás los engranajes.



Fig. 11 – Issus Coleoptratus



Fig. 12 – Desarrollo del salto del Issus Coleoptratus

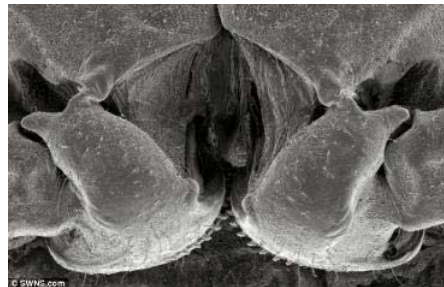


Fig. 13 – Detalle de la articulación de las patas  
Fuente: Malcolm Burrows

### Flagelo bacteriano

La rueda no está exenta de esta serie de hechos en que la naturaleza ha aventajado al hombre en su capacidad creativa.

El *flagelo bacteriano* es una estructura filamentosa que sirve para impulsar la célula bacteriana, única, completamente diferente de los demás sistemas presentes en otros organismos, presentando una similitud notable con los sistemas mecánicos artificiales, y se compone de varios elementos que rotan del mismo modo que una hélice (Fig. 14).



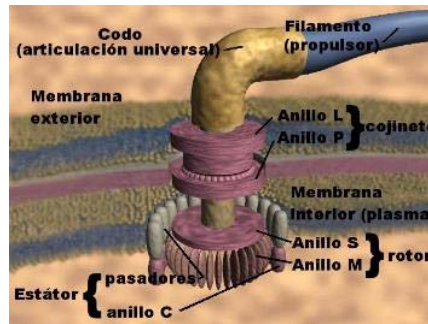


Fig. 14 – Detalle de los elementos que componen el flagelo bacteriano

Posee un motor rotativo compuesto por proteínas, situado en el punto de anclaje del flagelo, impulsado por la fuerza motriz de una bomba de protones (iones de hidrógeno), que actúan a través de una membrana.

El rotor puede girar a 6.000 hasta 17.000 rpm, No obstante, el filamento por lo general sólo alcanza 200 a 1.000 rpm.

### Los SISTEMAS

Cuando encaramos el estudio de la naturaleza, podemos hacerlo desde dos enfoques diferentes, según el método clásico nuestro objetivo sería aprender sobre la naturaleza, sus características, componentes, etc. Por el contrario, según la biomimética. Nos dedicaríamos a aprender de la naturaleza, el comportamiento de los individuos que la componen, sus interacciones con el medioambiente, etc. (Fig. 15).



Fig. 15 – Confrontación entre el estudio clásico y el estudio biomimético



Los panales están formados por celdas hexagonales.

Desde siglos muy remotos, existe la convicción de que no existe otra forma que el hexágono que aproveche al máximo el espacio con un consumo mínimo de material.

No obstante, pero nunca nadie hubo podido decir por qué, hasta que en 1999 se logró demostrar matemáticamente y explicar sus ventajas en lo que se llamó la “conjetura del panal de abejas”.

Las celdas hexagonales les permiten a las abejas aprovechar al máximo el espacio, construir un panal ligero y resistente con el mínimo de cera necesaria, y al mismo tiempo almacenar la mayor cantidad posible de miel.

Es así que se considere al panal una obra maestra de la arquitectura, y los diseñadores están imitando el panal para producir estructuras resistentes con un óptimo aprovechamiento del espacio.

Por su parte, los ingenieros aeronáuticos están utilizando paneles hexagonales en la fabricación de aviones más resistentes, más ligeros, y con un mínimo consumo de combustible.

Las abejas han sabido durante millones de años que los hexágonos son las formas más eficaces para desarrollar los panales de miel.

Los matemáticos han aclarado muy recientemente la Conjetura del Panal: entre las infinitas elecciones de diferentes estructuras que las abejas podrán haber construido, los hexágonos son los que usan la cantidad mínima de cera para crear el máximo número de celdas.

Por ejemplo, los ingenieros aeronáuticos utilizan paneles hexagonales para fabricar aviones más resistentes y ligeros que consuman menos combustible.

Las abejas pertenecen a un grupo muy especial de insectos, llamados eusociales (eu = buenos; sociales: buenos socios), en el que también participan hormigas y las termitas. Su comportamiento es tal que ha servido de base para múltiples aplicaciones en las ciencias sociales, en procesos como el mutualismo, el comensalismo y el cooperativismo.



## BIBLIOGRAFÍA

Benyus, Janine M. (2012): *BIOMIMESIS. Cómo la ciencia innova inspirándose en la naturaleza* - Barcelona (España): Tusquets Editores S.A.

Ghyka, Matila C. (1953): *ESTÉTICA DE LAS PROPORCIONES EN LA NATURALEZA Y EN LAS ARTES* – Buenos Aires (Argentina): Editorial Poseidón

Pearce, Peter (1979): *STRUCTURE IN NATURE IS A STRATEGY FOR DESIGN* – Cambridge (Massachusetts, USA): The MIT Press

Sauty, Marcus du (2009): *SIMETRÍA, Un viaje por los patrones de la naturaleza* - Barcelona (España): Acatilado Cuaderns Crema, S.A.U.

Vedoya, Daniel E. (2014): *LA TRANSPOSICIÓN TECNOLÓGICA. Introducción a la génesis de los procesos tecnológicos* – Saarbrücken (Alemania): Editorial Académica Española

Vedoya, Daniel E. (2014): *LA TRANSPOSICIÓN TECNOLÓGICA. Una estrategia para el diseño y análisis de la obra arquitectónica con enfoque tecnológico* – Saarbrücken (Alemania): Editorial Publicia

Wagensberg, Jorge (2006): *A MÁS CÓMO, MENOS POR QUÉ* - Barcelona (España): Tusquets Editores S.A.

Wagensberg, Jorge (2004): *LA REBELIÓN DE LAS FORMAS* - Barcelona (España): Tusquets Editores S.A.

Wagensberg, Jorge (2002): *SI LA NATURALEZA ES LA RESPUESTA, ¿CUÁL ERA LA PREGUNTA?* - Barcelona (España): Tusquets Editores S.A.