

## APRENDIENDO DE LA NATURALEZA DESDE LAS FORMAS

Prat, Emma Susana

*Instituto de Investigaciones Tecnológicas para el Diseño Ambiental del hábitat Humano (ITDAHu).  
Facultad de Arquitectura y Urbanismo - Universidad Nacional del Nordeste (FAU – UNNE).  
Av. Las Heras Nº 727 – 3500 – Resistencia – Provincia del Chaco - República Argentina.  
Tel. +54 0362 4420 088. E-mail: [emmasus@hotmail.com](mailto:emmasus@hotmail.com)*

### LA FORMA

En este trabajo nos referiremos a cómo las formas naturales pueden servir a la arquitectura como base para un buen diseño, en el sentido estricto de la biomimesis. Sin embargo nos interesan solamente los puntos de vista tecnológico y/o estructural. Asumimos aquí que la copia simplemente formalista y figurativa de la naturaleza no puede ser considerada biomimesis. Damos especial importancia a las formas, los sistemas y los procesos naturales como modelos de buenas resoluciones de diseño que den respuesta a las necesidades técnicas y de buen funcionamiento.

La relación del ser humano con la realidad exterior se realiza por medio de sensaciones visuales, táctiles, olfativas, auditivas, gustativas, etc.; pero lo hace preeminentemente por medios visuales. Una forma es inherente a una determinada cosa, es aquello que conocemos de la cosa en primera instancia, lo observable, lo que percibimos a través de los sentidos. La forma es la manera como los objetos se presentan ante el sujeto, es decir, cómo se nos aparece, es un hecho de base visual.

Es así que el primer conocimiento formal que tenemos de una cosa es siempre sensorial y no inteligente. Las matemáticas proporcionan quizás el más amplio bagaje de codificaciones visuales elaboradas a lo largo de los siglos, no sólo a través de la geometría sino también del análisis y de las múltiples estrategias visuales que se utilizan en el trabajo matemático.

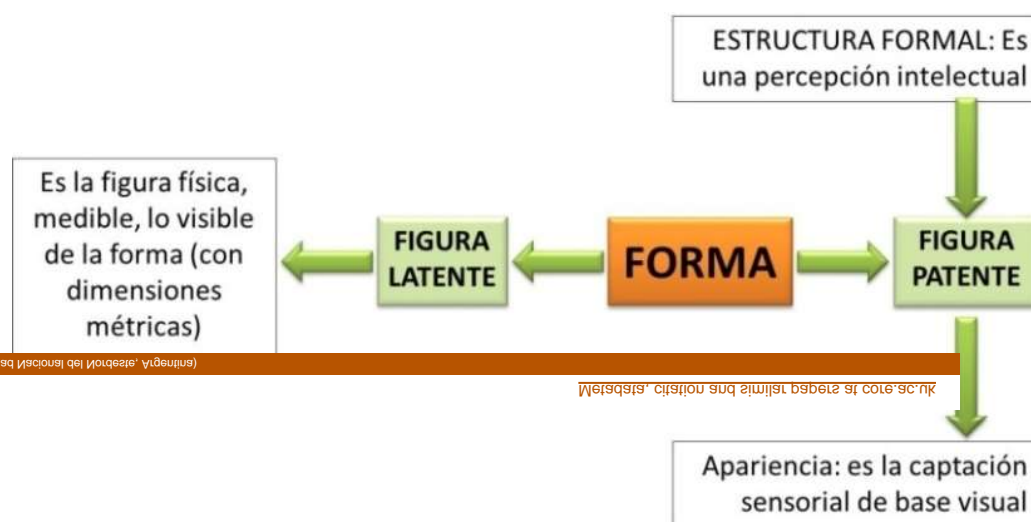


Fig. 1 – La forma<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Principios Básicos para la estructuración del espacio. 2013. Daniel E. Vedoya, María del C. Hermida. ISBN 978-987-25052-7-1. Impreso por Sistema Gráfico Digital en el departamento de Publicaciones del Área de Técnicas Educativas del I.T.D.A.Hu. FAU-UNNE.*

"La matemática que se enseña hoy en la mayoría de los países está aún más lejana de la realidad que la euclídea, porque no tiene ningún apoyo geométrico. Debe tenerse en cuenta que la intuición geométrica es y será siempre la fuente más poderosa para la comprensión de muchos temas".

La geometría está en la naturaleza, en la forma de los seres animados e inanimados, y parece seguir leyes matemáticas que el ser humano ha intentado descifrar a lo largo de la historia.

La forma en que crecen o en la que se mueven los seres vivos es a veces la razón de su forma, esto explica la abundancia de formas simétricas o el arrollamiento cónico-espiral de los caracoles. Otras veces son las propiedades físicas de la materia y la economía energética de la naturaleza las que explican ciertas elecciones, que parecen más bien hechas por un escultor, como ocurre en el caso de las formas esféricas de las gotas de rocío, las burbujas en líquidos hirvientes o las formas globosas de los frutos.

Las formas con curvatura son más abundantes en la naturaleza, las formas poliédricas en las construcciones humanas. Unas y otras disponen de un buen servicio de representación en el plano: las curvas planas y las líneas poligonales.<sup>2</sup>

El estudio de las matemáticas partió de la formulación de preguntas relativas al mundo, ese mundo en el que se inserta el arquitecto en su labor de diseñador cuando observa las formas naturales para inspirarse.

### **OBSERVANDO LA NATURALEZA**

La conducta constructiva animal revela estructuras refinadas y complejos principios arquitectónicos. Su precisión a menudo superan las capacidades humanas de la construcción en tamaño relativo.

"Hoy en día no imagino otra visión del futuro más deseable que una forma de vida adaptada ecológicamente, donde la arquitectura regrese a las tempranas teorías funcionalistas derivadas de la biología. La arquitectura arraigará de nuevo en su suelo cultural y regional. Podría llamarse a esta arquitectura Funcionalismo Ecológico".

Esto significa que la arquitectura debería resolver las necesidades más básicas de los seres humanos, economizando medios, adaptándose a la naturaleza y minimizando el uso de materiales y energía. Los edificios deberían ser vistos como procesos y no como productos de un mercado económico.

### **FUNCIONALISMO ECOLÓGICO**

Los animales han resuelto casi los mismos problemas que el ser humano, han resuelto carreteras (las hormigas), calles cubiertas (termitas), la calefacción y sistemas de regulación de la humedad (termitas, abejas, hormigas), escaleras y rampas (termitas), puertas batientes con tiradores de puertatrapa (arañas).

Los hábitáculos animales tienen una evolución que tiende a la eficiencia a través de minimizar el uso de materiales, manos de obra, cumpliendo con las leyes de mínimo esfuerzo y economía de la sustancia. Algunos de animales se alimentan de sus propias construcciones con el fin de reutilizar materiales, algunas arañas comen y el alimento no entra a su sistema digestivo sino que vuelve a entrar en las glándulas de fabricación de su tela, lo que significa que reciclan su propia proteína. Por lo que se puede inferir que biomimesis no es imitar formas primitivas sino todo lo contrario, son de una sofisticación extraordinaria. La biomimesis no debe ser meramente metafórica o morfológica sino que se trata de un perfeccionamiento en desarrollo.

Un diseño que pretenda ser biomimético debiera realizar las mismas funciones que un árbol en la naturaleza, que es al mismo tiempo, sombra, alimento (con semillas, hojas, ramas, flores, frutos, o corteza), cobijo, fertilizante del suelo y subsuelo, además que consume el dióxido de carbono y emitir oxígeno; además de todo esto forma parte de jardines o paisajes.

<sup>2</sup>Merino Doncel, María J. Profesora de enseñanza secundaria:

<http://maticasdemaria.blogspot.com.ar/search?q=Las+formas+con+curvatura+son+m%C3%A1s+abundantes+en+la+naturaleza,+las+formas+poli%C3%A9dricas+en+las+construcciones+humanas>. En la Tesis Doctoral: Sustentabilidad en la Educación Superior basada en la Tecnología Educativa Apropiaada y Crítica. Emma S. Prat. Doctorado en Arte UNAM, Argentina.



Fig. 2 – Termiteros imitados en las mezquitas de Djingareiber y de Yingueraber, en Tombuctú, Mali.

Para los arquitectos el proceso de diseño empieza definiendo el objetivo principal del problema que enfrenta para luego analizar las etapas que lo componen. En cuanto a los animales, esto no está así de claro; entre los animales se podría decir que la naturaleza se copia a sí misma.

Santibáñez Saucedo explica en su libro *Gestión* que los animales tienen:

- Control de la temperatura
- La gestión del agua
- La impermeabilización y control de humedad
- La ventilación y renovación del aire
- La gestión de residuos

### TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS

- Preconstruido
- Esculpido y excavado
- Moldeado modelado
- Moldeado extruido e hilado
- Pegado
- Enrollado y plegado
- Tejido, y
- Cosido

Los más interesantes para nuestro propósito son:

El moldeado, a partir de las propiedades naturales de un material, la facultad de moldear obliga a generar una forma diferente a la manifestada de manera inicial en ese material maleable. Esto implica, según Hansell, el proceso de modelar un material para generar una forma especial o el de extrudir, que significa que se traslada el material flexible excretado por el propio animal, a través de un molde o matriz que le da forma particular.

El modelado es utilizado por especies que pueden producir modificaciones por sus propios medios, como las abejas que segregan láminas de cera para conformar las celdas que contendrán la miel recolectada o sus huevos, en las que utilizan el tamaño de sus antenas para dimensionarlas.

El hornero, por su parte, transporta bolitas de barro, y la avispa tropical hace sus nidos colgantes con arcilla fina, dejando en ambos casos una abertura para acceder al interior.



Fig. 3 – EL HORNERO (ave nacional argentina) transporta bolitas de barro y las amasa.

Extrusión o hilado es lo que utilizan la arañas, ejemplo ya conocido, pero también lo hacen algunas mariposas o moscas. Un ejemplo no tan común es el de salanganas, similares a las golondrinas, que hacen su nido a partir de su saliva que endurece en contacto con el aire.

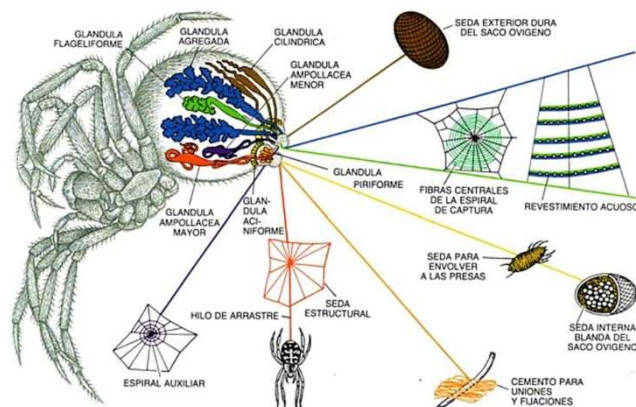


Fig. 4 – diferentes tipos de seda

### DETALLES CONSTRUCTIVOS Y GEOMÉTRICOS

**La abeja** común (*Apis mellifera*). Según Charles Darwin, las abejas resolvieron de un modo muy práctico la construcción de las celdas de sus colmenas, de modo de tener el menor gasto de material, cubriendo la mayor cantidad posible de superficie, construyendo hexágonos opuestos alternativamente entre sí, con bases formadas por tres láminas romboidales en ángulo e inclinados entre sí un ángulo de 120°. La explicación más acertada sobre la cuestión es que esta forma es la que aprovecha al máximo el espacio con el mínimo de material utilizado. Si confrontamos al triángulo, al cuadrado, al hexágono y al círculo, considerando un perímetro de 12 cm para cada uno de ellos tenemos que:

Si bien, tanto el triángulo como el cuadrado no dejan espacios libres al combinarse en una trama,

- el triángulo posee una superficie de 6,93 cm<sup>2</sup>
- el cuadrado posee una superficie de 9,0 cm<sup>2</sup>
- el hexágono posee una superficie de 10,39 cm<sup>2</sup>, y ,
- el círculo posee una superficie de 11,46 cm<sup>2</sup>

ambos cubren una superficie menor; la figura de mayor superficie es el círculo, pero deja vacíos importantes al relacionarse con otros, por lo que, finalmente, resulta ser el hexágono el que ofrece el mejor aprovechamiento del espacio.

Aun así, si lo vemos en tres dimensiones y colocamos esferas o cilindros con fondo redondeado de una sustancia flexible unos al lado de otros, veremos que naturalmente se conforman en una trama hexagonal en 2D o de prismas hexagonales en 3D, y que los espacios vacíos producen una acumulación de material que fortalece la trama a semejanza de nudos o cartelas. No obstante estos ejemplos, sigue siendo un misterio de la naturaleza la toma de decisiones de las abejas.

Existen además otras características en los panales de abejas que son peculiares, por ejemplo, la línea de nivelación que presenta una inclinación hacia arriba para que no se derrame la miel. Cuando terminan la celda la obturan adoptando diversas formas que, si son deprimidas contienen miel, si son redondeadas contienen una larva obrera, y si son abombadas contienen un zángano.

La avispa excavadora hace sus nidos en la arena. Llama la atención la similitud de sus nidos con las tumbas egipcias, tanto las que se encuentran dentro de pirámides como las subterráneas. La mayoría de estas tumbas tienen un eje central, un pasillo, a través del cual se accede a las distintas cámaras, teniendo una ubicación especial la cámara mortuoria donde se encontraban los sarcófagos. La tumba de Ramsés III (1186-1154 a. C.) tiene estas características.

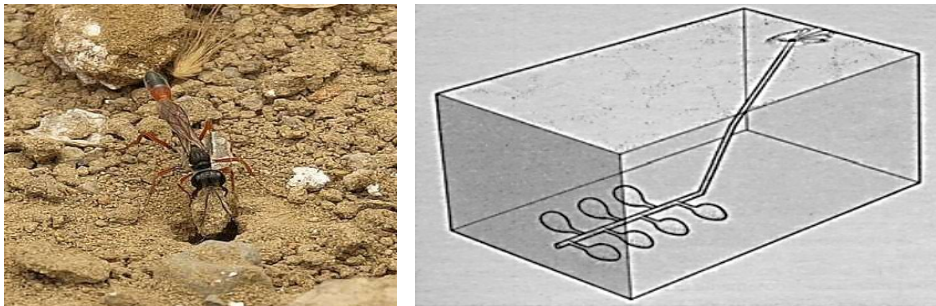


Fig. 5 – LA AVISPA EXCAVADORA hace sus nidos en la arena.

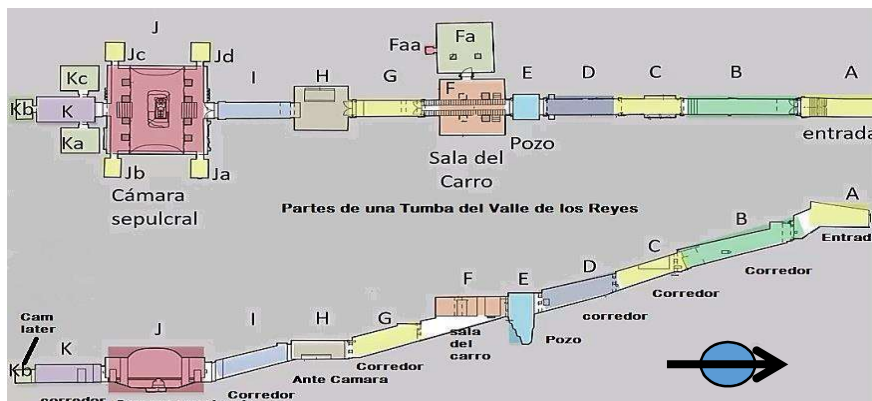


Fig. 6 – similitud con las tumbas egipcias. La tumba de Ramsés III (1186-1154 a. C.) tiene estas características.

Es probable que las termitas sean estos animalitos los que mayor cantidad de problemas de diseño hayan resuelto en la naturaleza. Han dado soluciones de sistemas estructurales, de humedad, de seguridad, de vialidad, de alimentación, de restauración y renovación, y sobre todo de ventilación (ya que son muy sensibles a los cambios bruscos de temperatura).

El mantener la temperatura estable en sus termiteros se considera verdaderas obras de ingeniería y un arte.

Según la tesis doctoral de Santibáñez, entre las 2.000 especies de termitas conocidas, cada una tiene su propio diseño de termitero, que difiere en forma, tamaño, proporción, funcionalidad y estética, resistencia de materiales y técnicas de construcción. Existen con forma de cebolla (Méjico); montaña (Macrotermes Bellicosus, Costa de Marfil); seta, pagoda, paraguas, (Cubitermes, selvas tropicales), paredes (Amitermes meridionalis, Australia), hongos, chimeneas, esferas, bolsa, cerebro, entre otras.



Fig. 7- CEBOLLA em Gardo y Iskushuban Fig. 8 - SETA en Guinea.



Fig. 9 - PARED

Fig. 10 - PAGODA

### Las esponjas de mar



Fig. 11 - Euplectella aspergillum, o “esponja de cristal”

Tenemos el ejemplo del esqueleto de una esponja del Pacífico occidental llamada Euplectella aspergillum, o “esponja de cristal”, compuesta de filamentos de fibra de vidrio y biosílice, lo que explica la resistencia de la esponja, su elasticidad y su flexibilidad. El esqueleto de Euplectella es una maravilla de la ingeniería, supera en rigidez a una estructura tubular similar hecha uniformemente de

aluminio en dos órdenes de magnitud. Ello se debe a la ultraestructura a distintas escalas de dicho esqueleto. Las fibras no están hechas de dióxido de silicio puro y uniforme, sino que se forman por la agregación de capas sucesivas otorgándole mucha más resistencia que si fuesen simplemente macizos, cuyas fibras se disponen siguiendo ejes longitudinales, transversales y finalmente diagonales según un patrón muy regular, lo que minimiza el efecto de las fuerzas de compresión, tracción y torsión.

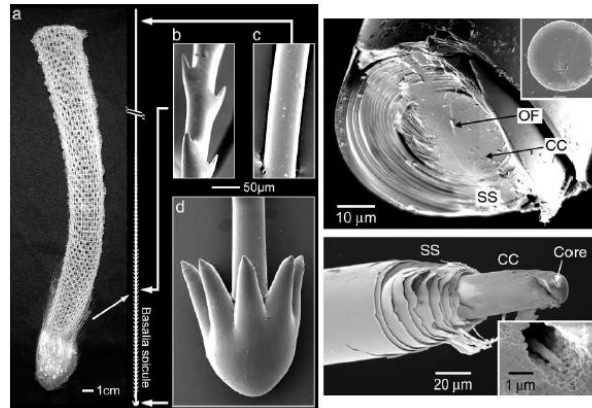


Fig. 12 – la esponja se forma por la agregación de capas sucesivas

El ser humano, en su búsqueda de innovar, progresar y hacer más tecnológico su accionar en la profesión, ha dejado de lado algunos de los objetivos más importantes y básicos para la vida de la humanidad. Dice Santibáñez, “al no tener claro el límite de la creatividad humana en el desarrollo del diseño para su vivienda, la Naturaleza nos concede la oportunidad de conocerla, si llegamos a expresar interés por ella, pero no nos regala la Sabiduría; ésta sólo se obtiene a partir de demostrar a la vida que somos dignos de ella”.

Mediante la observación de la Geometría en la naturaleza grandes pintores y arquitectos utilizan sus formas geométricas en todas las expresiones del arte y la arquitectura.

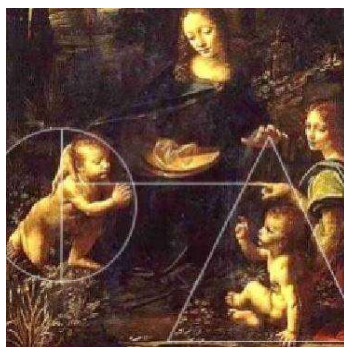


Fig. 13 – “La Virgen de las rocas” de Leonardo y “Susana y los viejos” de Rubens



Fig. 14 – “Danza de aldeanos” de Rubens

En la arquitectura también se han imitado las formas geométricas desde los estilos como el Art Nouveau hasta los actuales diseños de Zaha Hadid, auxiliada por los nuevos sistemas de representación gráfica digitales.

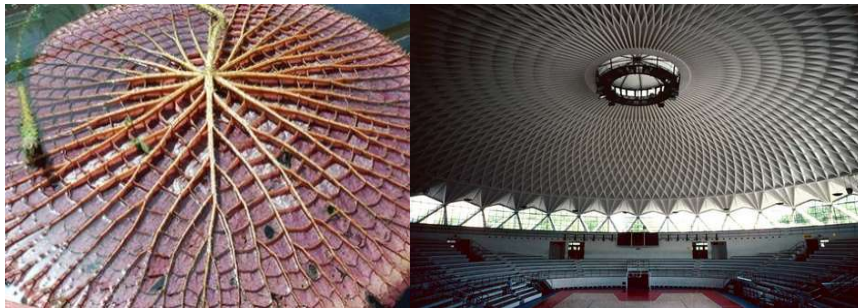


Fig. 15 – Pier Luigi Nervi, cubierta de un garaje (victoria regia o irupé)



Fig. 16 – Flor del loto y el Templo Baha'í o Templo (Nueva Delhi, 1986)



Fig. 17 – Exposición de París, 1900 y esqueleto de radiolario.



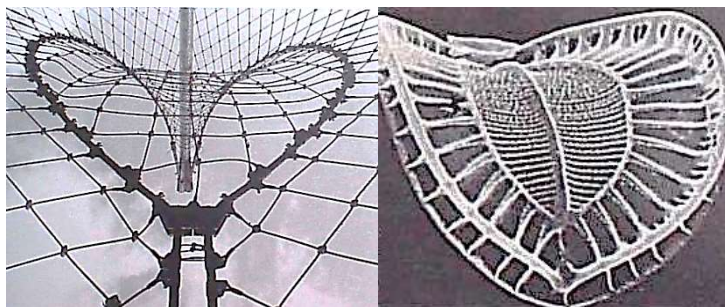


Fig. 18 – Tenso estructura de Frei Otto comparada con una diatomea vista al microscópio.



Fig. 19 – casa nautilus de javier senosiain



Fig. 20 – CHICAGO SPIRE, de Calatrava