

BIOMIMÉTICA: LA CIE

GEORGINA HERNÁNDEZ MONTES

RAI-UNAM

La Dra. Georgina Hernández Montes es Química Farmacobióloga egresada de la Facultad de Química de la UNAM. Actualmente es parte de la Red de Apoyo a la Investigación (RAI) de la UNAM y se ha especializado en el área de bioinformática.

Esta publicación fue revisada por el comité editorial de la Academia de Ciencias de Morelos.

Si pudiéramos comprimir la historia del planeta Tierra en 1 año, la aparición de los humanos estaría en los últimos 15 minutos y de este tiempo y el progreso industrial más reciente ocurriría en el último minuto. Ha sido durante este muy corto período donde los descubrimientos y desarrollos nos han permitido prolongar y mejorar la esperanza de vida. Sin embargo, de manera paralela también ha traído otros efectos negativos secundarios como la contaminación, escasez de recursos y destrucción ambiental, que paradójicamente afectan la supervivencia humana. Aunque las soluciones a estos problemas de supervivencia no son claros para nosotros, históricamente siempre hemos encontrado respuestas dentro de la naturaleza. En este sentido la biomimética ha jugado un papel fundamental. De manera general la biomimética puede entenderse como la ciencia y

el arte de imitar a la naturaleza, lo cual ha tenido impacto y aplicaciones en diferentes áreas de la ciencia y tecnología.

Historia de la biomimética

Desde la antigüedad los seres humanos han buscado en la naturaleza la inspiración para estructurar su vida social y religiosa, así como para modificar su entorno. Se puede observar como en las diferentes culturas muchos de los dioses estaban representados por animales a los cuales atribuían ciertas características de acuerdo a su identidad. Uno de los primeros registros que se tienen dónde se ejemplifica el uso de modelos de la naturaleza para resolver un problema es el libro "Código de vuelo de las Aves" de Leonardo Da Vinci donde plasmó sus observaciones acerca de la anatomía de los pájaros y que posteriormente le sirvió de inspiración para algunas de sus invenciones (Figura 1). Otro ejemplo clásico de biomimética es el trabajo de los hermanos Wright (1867-1948) quienes tomaron como modelos la anatomía de las alas de las águilas para fabricar un avión propulsado que logró el vuelo humano por primera vez en 1903. Este desarrollo fue perfeccionado durante el siglo siguiente y se volvió más rápido, más estable y aerodinámico. Sin embargo, no fue sino hasta 1957 que OH Smith acuñó el término y estableció un punto de inflexión para la biología y la tecnología. En 1997, Janine M Benyus publicó su

libro *Biomimicry*, que enfatiza que la biomimética está liderando el camino hacia una nueva era de desarrollo tecnológico al tomar lecciones de la naturaleza como base para los productos, y junto con otros científicos e ingenieros establecieron una empresa social llamada Biomimicry 3.8 para compartir ideas y conceptos de biomimética.

Métodos de investigación

De acuerdo a la Agencia Espacial Europea, la biomimética puede organizarse en cinco categorías: estructura y materiales, mecanismos y procesos, conducta y control, sensores y comunicación y biomimética generacional. Esta clasificación permite organizar la información para orientar la investigación y posteriormente encontrar un modelo biológico adecuado.

El método de investigación para la biomimética tiene seis pasos, que se pueden usar para aplicarse en cualquiera de las categorías antes mencionadas. Estos pasos son: definición del problema, biologizar o replantear el problema en un contexto biológico; descubrir las estrategias biológicas para el problema en cuestión, abstraer las estrategias biológicas para traducirlas al contexto del problema planteado, emular o aplicar el diseño al problema y finalmente la evaluación que consiste en probar y medir el desempeño de la estrategia en la solución del problema (Figura 2). De este ciclo el mayor desafío es la abstracción, ya que requiere traducir lo que se observa en la naturaleza para construir algo funcional. Otro de los retos es la comprensión del funcionamiento de las nano y microestructuras en relación con los organismos y el medio ambiente. En la siguiente sección hablaremos de algunas de las tecnologías desarrolladas gracias a la biomimética.

Ejemplos de biomimética en la industria.

El velcro. Uno de los ejemplos más famosos de biomimética es el velcro, un cierre ampliamente utilizado en la actualidad. Su nombre proviene de las palabras francesas para terciopelo, "velour" y gancho, "crochet". A principios de la década de 1940, el ingeniero suizo *George de Mastral* notó que el fruto de la fresa (*Xanthium strumarium*) se adhería fuertemente al pelo de su perro, razón por la cual usó un microscopio para observar la fruta y se dio cuenta que esta fruta elíptica con una longitud de 1 cm tenía proyecciones

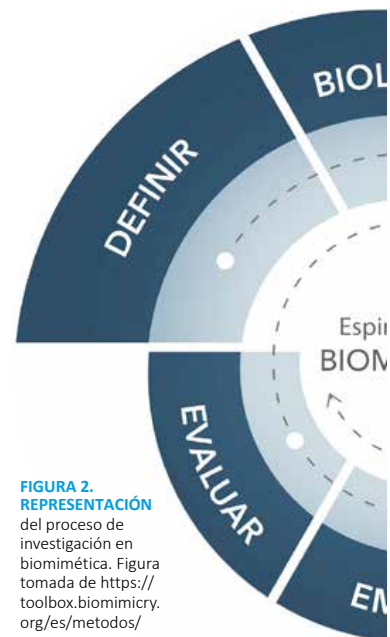


FIGURA 2. REPRESENTACIÓN del proceso de investigación en biomimética. Figura tomada de <https://toolbox.biomimicry.org/es/metodos/>

en forma de gancho densamente empaquetadas. Este mecanismo de adhesión a la ropa de las personas o en el pelo de los animales, permite que las semillas se dispersen ampliamente. Inspirado por esta fresa, de Mastral usó nylon para crear cierres de velcro. Para mejorar las habilidades adhesivas, el velcro consiste en una tira con lazos redondos y una tira con ganchos en forma de rebabas (Figura 3). Por su área de superficie pequeña, el velcro tiene una fuerza adhesiva excepcional y se usa ampliamente como un sustituto simple y práctico para botones o ganchos en la ropa y los zapatos.

Aeronaves. La aparición de los aviones realizó el sueño de toda la humanidad de volar, pero también fue una forma innovadora de transporte. La estructura básica de las alas de los aviones consiste en una superficie curva de diferentes tamaños en la parte superior e inferior del ala. A través de esta estructura hidrodinámica, la velocidad de la corriente de aire es más rápida en la parte superior de las alas y más lenta en la parte inferior de las alas. La mayor presión desde el fondo de las alas y la velocidad del avión permiten que el avión de 100 toneladas vuele. Otra característica que está siendo estudiada es la organización de los gansos salvajes en formación en V, creando una corriente de aire ascendente que permite a los que vuelan atrás volar con menos esfuerzo. AIRBUS, una compañía de aviación francesa, utiliza estos principios para diseñar sus aviones. Además, las aves que vuelan distancias cortas y largas tienen diferentes plumas y formas. Estas ideas se han utili-

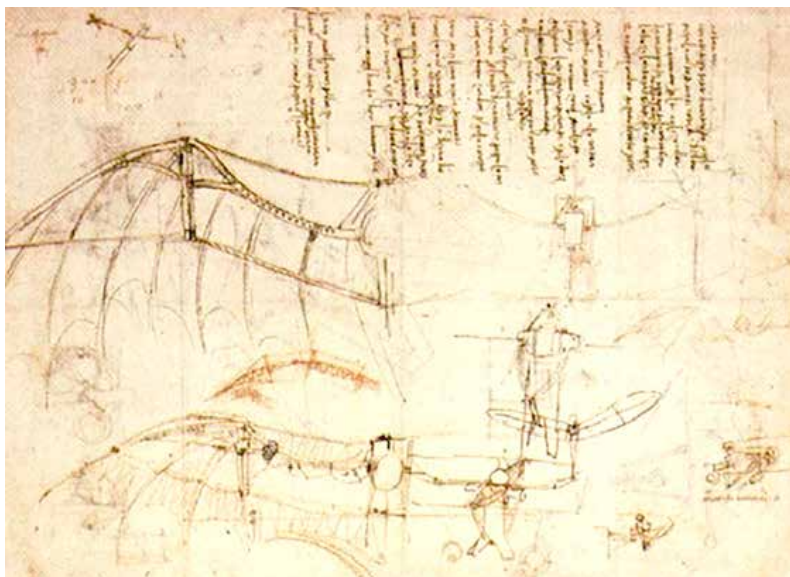


FIGURA 1. REPRESENTACIÓN de alas articuladas inspiradas en murciélagos y aves. Figura tomada de <https://faircompanies.com/articles/maquinas-de-volar-de-leonardo-impedimento-non-mi-piega/>



INICIATIVA DE IMITAR A LA NATURALEZA



Esta idea fue tomada de la observación que un martín pescador se sumerge perpendicular a la superficie del agua cuando caza, causando salpicaduras mínimas.

Arquitectura.- La biomimética tiene una amplia historia de aplicación en arquitectura. El ejemplo más notable de arquitectura biomimética es *Eastgate Center*, la primera estructura de enfriamiento completamente natural del mundo, en Harare, la capital de Zimbabwe. Este edificio está basado en la observación de los nidos de termitas. Estos nidos se construyen a partir de tierra, corteza de árbol, arena y saliva de termitas, pero son más firmes que el hormigón y son capaces de mantener una temperatura interna de 30 °C. Este edificio tiene agujeros en el techo y en los pisos inferiores para permitir la ventilación natural, similar a lo que hace un nido de termitas. El aire caliente sale a través del techo, y la entrada del aire frío desde el fondo ventila el edificio. Por lo tanto, la tasa de consumo de energía de este edificio es <10%, y se mantiene una temperatura interna de 24 °C incluso cuando la temperatura externa es superior a 38 °C.

Recubrimientos antirreflejantes.- Las polillas tienen estructuras corneales únicas generalmente de 200-300 nm de altura y espaciado que recubren sus ojos, lo que minimiza drásticamente la reflexión de la luz porque absorben la mayoría de los rayos de luz visibles. Estas estructuras únicas ayudan a las polillas a evitar a los depredadores y ver presas en la oscuridad. Esta tecnología se está utilizando no sólo para fines militares sino para desarrollar revestimientos antirreflejantes y para diodos emisores de luz para paneles solares.

Adhesivos de alta resistencia.- Los mejillones no se desprenden fácilmente de las rocas, incluso cuando son golpeados por las olas, ya que tienen una alta fuerza adhesiva. Esta capacidad se debe a el biso o *byssus* en inglés, que es una fibra natural de colágeno y una proteína conocida como *Mefp-1* que secretan algunos moluscos. Una almohadilla de biso con un radio de 2 mm es capaz de levantar hasta 12.5 kg de peso. El poder de adsorción de biso es mayor que cualquier adhesivo encontrado en la naturaleza, así como su duración. Inspirado en esta fibra, se diseñó una imitación con altas propiedades de resistencia y adhesión,

pero con un espesor mínimo, con fibras de nanotubos de carbono que esencialmente son cilindros de una o más capas de grafeno, un derivado del carbono. Las propiedades de biso también han llevado a su uso en la medicina moderna para crear nuevas fibras que permitan coser heridas y utilizarlas en cirugía.

Robots.- La robótica es otra de las áreas que se ha beneficiado ampliamente de la biomimética. Los mecanismos motores de animales e insectos están siendo imitados, lo que tiene una influencia significativa en el mejoramiento de las máquinas, anteriormente limitadas. En 1998, el Dr. Robert Full investigó los mecanismos de las patas de las cucarachas para hacer una máquina con patas y pies robóticos que supera la limitación de las ruedas. En la Universidad Carnegie Mellon, el Dr. *Howie Choset* está desarrollando brazos robóticos que aplican los mecanismos de huesos y articulaciones de una serpiente y la trompa de un elefante. Además, el Dr. *Robert Full* y el Dr. *Fon Fearing* desarrollaron un iRobot sensible a la presión y, por lo tanto, capaz de una adhesión seca efectiva, inspirado en el mecanismo de adhesión de las patas de un gecko.

Presente y futuro de la biomimética

Debido a las grandes ventajas que la biomimética ofrece para solucionar problemas médicos, ambientales, energéticos y sociales, los países desarrollados están invirtiendo activamente en investigación para construir las bases para la innovación y el desarrollo futuros en este campo. Además, se está fomentando la creación de empresas que se dediquen a la innovación pues se proyecta que tendrán un gran impacto económico, así mismo se está estableciendo la colaboración entre diferentes instancias tanto empresariales como gubernamentales para desarrollar y fijar el rumbo de los desarrollos tecnológicos a futuro. Entre los proyectos más prometedores se encuentran los desarrollos nanotecnológicos. La nanotecnología está avanzando significativamente gracias al uso de microscopios electrónicos que nos permiten observar y analizar la estructura, función y propiedades físicas de los organismos a nivel molecular. Con estas herramientas de nanotecnología, los ingenieros biomiméticos pueden investigar a escala de células individuales, especialmente para orgánulos celulares

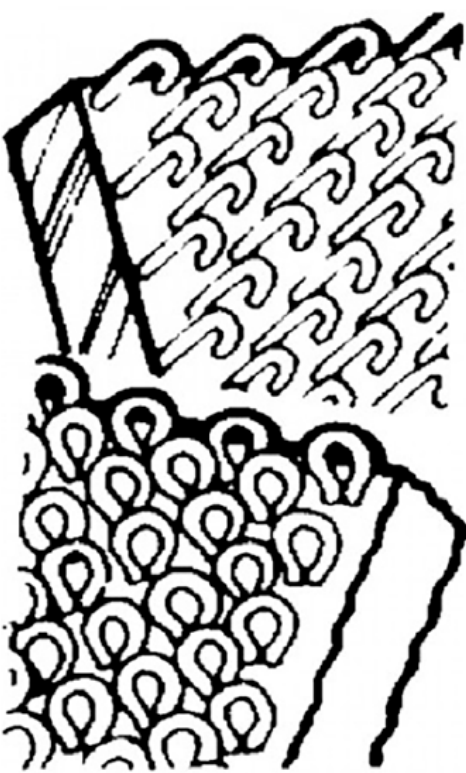


FIGURA 3. REPRESENTACIÓN de la estructura del velcro. Figura tomada de <https://www.protelecomsupply.com/velcro-usa-inc-velcro-hook-loop-3-4-x-4-roll-254889>

e interacciones entre células. Por ejemplo, los fosfolípidos son una de las principales moléculas de las células y tienen la capacidad de autoensamblarse espontáneamente en agua para producir vesículas o *liposomas*. Las tasas de autoensamblaje de los fosfolípidos solubilizados dependen del tamaño y la forma molecular. El estudio biomimético de la propiedad fisicoquímica en los fosfolípidos ha ayudado a diseñar nanopartículas y nanoestructuras autoensambladas para la administración de fármacos. Otros de los campos prometedores es la medicina regenerativa y la ingeniería de tejidos en donde por ejemplo se podría aprovechar los conocimientos acerca de la forma en que un lagarto regenera su cola, el mecanismo por el cual algunos ciervos regeneran sus cuernos cada año, las propiedades adhesivas y regenerativas de una telaraña y el mecanismo de adhesión/migración durante la inflamación de los leucocitos (células del sistema inmune). Como se habrá dado cuenta, estimado lector, la biomimética no solo es una área que en un futuro traerá no solo soluciones a muchos de nuestros problemas, sino que también permitirá un desarrollo tecnológico y económico sin precedentes. Es por ello que en esta columna siempre enfatizamos la importancia de apoyar la ciencia básica y aplicada y en colaboración con los diferentes actores sociales como son la iniciativa privada el gobierno y la sociedad, para establecer una estrategia que nos permita un mejor y mayor desarrollo científico, tecnológico y económico que impacte en el bienestar social.

Esta columna se prepara y edita semana con semana, en conjunto con investigadores morelenses convencidos del valor del conocimiento científico para el desarrollo social y económico de Morelos. Desde la Academia de Ciencias de Morelos externamos nuestra preocupación por el vacío que genera la extinción de la Secretaría de Innovación, Ciencia y Tecnología dentro del ecosistema de innovación estatal que se debilita sin la participación del Gobierno del Estado.