



# La soluciones basadas en la naturaleza 'inspiran' a la ingeniería

Posted on Abril 13, 2025

Por Sandra M.G.

Desde la Antigüedad, la humanidad se ha inspirado en la naturaleza consciente de la belleza, armonía y perfección alcanzada por plantas y animales a lo largo de 3.800 millones de años de evolución. Este tiempo les ha permitido resolver problemas de todo tipo para adaptarse a los diferentes ecosistemas.

La pregunta que surgía era evidente: ¿por qué no aprovechar ese catálogo de soluciones desarrolladas a fuerza de ensayo error y selección natural en el Laboratorio Tierra? Es la meta de la biomímesis: diseñar e innovar siguiendo las estrategias de la naturaleza.

La biomimética representa un puente entre la biología (y la observación de la naturaleza) y la ingeniería, y encarna la esencia de la innovación al traducir los patrones y estrategias probados en el tiempo que se encuentran en la naturaleza en maravillas de la ingeniería moderna.

Este campo interdisciplinario se inspira en el mundo natural, donde millones de años de evolución han llevado al desarrollo de sistemas, estructuras y materiales altamente eficientes. Al observar y comprender estos modelos biológicos, los ingenieros y diseñadores pueden crear tecnologías que sean más sostenibles, eficientes y armoniosas con el medio ambiente.

## **Enseñanzas e inspiración de la naturaleza**

Son nuestros enemigos letales, los máximos depredadores de la humanidad. Al propagar enfermedades como el dengue, la malaria, el virus del Nilo, la fiebre amarilla, el zika, el chikungunya y la filariasis linfática, causan alrededor de un millón de muertes al año, más que cualquier otra criatura en el mundo. Y, sin embargo, en sus antenas quizás se esconda nuestra salvación. “Los mosquitos podrían inspirar nuevas formas de detectar desastres naturales como terremotos y tsunamis”, cuenta el ingeniero civil Pablo Zavattieri.

En los laboratorios de la Universidad de Purdue en Indiana, Estados Unidos, este investigador argentino se rodea de biólogos, químicos, físicos y otros ingenieros para estudiar toda clase de insectos y crustáceos y crear materiales más ligeros y resistentes para la construcción de edificios, puentes, medios de transporte e incluso futuras estaciones espaciales.

“La naturaleza ha tenido millones de años de prueba y error para desarrollar estructuras y métodos aparentemente contraintuitivos”, afirma este profesor -algo atípico e inquieto- que se licenció en ingeniería nuclear en Argentina, se doctoró en aeronáutica en Estados Unidos, trabajó en la industria automotriz durante nueve años y toca el contrabajo en diversas orquestas de jazz y tango. “Podemos aprender mucho de ella”.

## **Mosquitos maestros**

¿Qué le llamó la atención de los mosquitos y qué tienen para enseñarnos?

En los insectos, los sistemas auditivos han evolucionado de forma independiente en todo su cuerpo para hacer frente a las limitaciones físicas impuestas por su pequeño tamaño. A diferencia de los organismos equipados con orejas con tímpanos, los mosquitos escuchan usando sus antenas, estructuras sensoriales ligeras capaces de detectar el sonido.

Lo que me llamó la atención es que, al volar, hacen mucho ruido con las alas, un helicóptero. Y, aun así, estos insectos logran distinguir sonidos específicos en un bosque donde hay mucho ruido ambiental. Pueden, por ejemplo, escuchar el croar de las ranas y localizarlas para picarlas y alimentarse de su sangre. O encontrar a las hembras de su especie para aparearse.

## **Insectofilia**

¿Siempre le interesaron estos insectos?

Me sorprendió cuando me lo contó la zoóloga panameña Ximena Bernal, con quien trabajamos en esta

investigación y estudia estos mosquitos aquí, en Purdue, desde hace ya muchos años. Lo asombroso es que pueden escuchar a largas distancias y detectar con precisión señales acústicas específicas.

Nos enfocamos en dos especies: los machos de *Aedes aegypti* necesitan para el cortejo escuchar tonos de vuelo de baja potencia de las hembras. Las persiguen en enjambres escuchando sus aleteos. Mientras que las hembras de la especie *Uranotaenia lowii* rastrean llamadas distantes y de alta potencia de ranas para alimentarse. Escuchan sus llamadas de apareamiento. Nuestro conocimiento de estas estrategias es actualmente limitado.

## **La geometría de los mosquitos**

¿Y en qué consistió la investigación?

Diseccionamos y estudiamos la intrincada geometría de las antenas de estos mosquitos utilizando microscopía y tomografía computarizada. También usamos una impresora 3D llamada Nanoscribe que produce materiales microscópicos.

Hasta donde sabemos, ningún estudio ha caracterizado exhaustivamente las propiedades mecánicas del sistema de antenas de estos insectos. Son detectores acústicos minúsculos, sensibles y especializados sintonizados con estímulos acústicos biológicamente relevantes.

Mediante el uso de modelos computacionales e impresión 3D a escala nanoscópica, descubrimos cómo, a pesar de carecer de oídos tradicionales, los mosquitos pueden navegar por el paisaje auditivo: las características arquitectónicas de sus antenas les permiten detectar sonidos específicos mientras mitigan la interferencia del ruido del golpeteo de sus alas, una fuente constante de estimulación acústica.

Los pelos sensoriales distribuidos en la superficie de las antenas desempeñan un papel clave en la sensibilidad auditiva. Funcionan como un violín. Se han adaptado para detectar la frecuencia específica de ciertos sonidos. Los resultados los publicamos en la revista *Acta Biomaterialia*.

## **Implicaciones**

¿Qué implicaciones tienen estos hallazgos?

Esta investigación proporciona una comprensión más profunda de las antenas de los mosquitos, uno de los oídos más complejos que se encuentran en los insectos. Pero también puede conducir al desarrollo de tecnologías de detección bioinspiradas, pieles inteligentes, materiales acústicos y sensores enfocados en la detección y atención de desastres naturales como terremotos o tsunamis.

Aún estamos en una etapa muy temprana de la investigación, pero estos conocimientos basados en la observación e investigación de la naturaleza podrían derivar en paneles de insonorización para edificios, auriculares con cancelación del ruido más potentes e incluso dispositivos de camuflaje acústico, que consisten básicamente en ‘ocultar’ objetos, evitando que las ondas sonoras choquen con él.

Ahora estamos tratando de conseguir financiación para seguir trabajando con mi colega Ximena Bernal. Quiero imprimir en 3D parches con muchas antenitas y tratar de ver cómo aplicamos lo que aprendimos de la naturaleza.

## **La madre de las soluciones**

Este enfoque es conocido como biomimética y busca inspirarse en las estructuras de la naturaleza para crear tecnologías innovadoras. ¿Cómo lo ve la comunidad científica?

Cada vez hay más laboratorios de bioingenieros. En 2006, cuando estaba trabajando en el centro de investigación de General Motors, en Detroit, escuché hablar de bioinspiración o biomimética. Por entonces, había mucho escepticismo. Se mencionaban como ejemplos de éxito el velcro y el tren bala Shinkansen, inspirado en la manera en que se zambulle el pájaro martín pescador a alta velocidad en el agua. Pero no había mucho más.

Fue alrededor de esa época cuando empezamos a estudiar los abulones u ‘orejas de mar’, una familia de moluscos que tienen conchas exteriores muy resistentes. Su interior está recubierto por nácar, un material iridiscente muy resistente a pesar de su composición de más del 95 % de aragonito, un tipo de carbonato de calcio: está dispuesto en una estructura en miniatura similar a una pared de ladrillos que impide la propagación de grietas y hace que el material sea muy fuerte.

Se tendría que romper y no se rompe: se deforma si uno le pone agua y ayuda a mantener la integridad de la concha bajo cargas externas y así proteger al molusco. Los abulones son interesantes organismos de los que estamos aprendiendo a crear nuevos materiales estructurales, más resistentes, por ejemplo, a la actividad sísmica.

## **Bioinspiración**

¿Qué otros ejemplos de tecnologías bioinspiradas están en desarrollo?

Existen varios: ahora hay células solares inspiradas en hojas de plantas; fibras de alta resistencia derivadas de la telarañas; radares multifrecuencia inspirados en murciélagos; materiales inteligentes que imitan la pieles de delfín o pepinos de mar; dispositivos voladores de bajo consumo de combustible inspirados en colibríes. En Zimbabue, desarrollan edificios sin aire acondicionado que se mantienen fresco

gracias a un sistema de ventilación inspirado en las termitas.

## **La Naturaleza es sabia**

¿Por qué dice que la naturaleza tiene mucho que enseñarnos?

Porque la naturaleza es una fuente infinita de inspiración. Lo que distingue a la naturaleza es su dominio en la utilización de materiales locales que se encuentran en el entorno, combinándolos ingeniosamente para sintetizar una amplia gama de estructuras complejas. En ciencia, básicamente trabajamos con hipótesis. Las probamos, las contrastamos.

Lo que podemos hacer desde el punto de vista ingenieril es tomar prestada una idea de la naturaleza y aplicarla para mejorar un material. No es una copia exacta. Por eso es 'bioinspiración'. Buscamos desentrañar los secretos del diseño de la naturaleza para crear materiales robustos y ligeros que resistan el estrés sin deformarse.

Cada vez que hablo con un biólogo, se me ocurren nuevas ideas. Empiezo a imaginar qué problemas de ingeniería se pueden solucionar. En el proceso, la especulación se convierte en hipótesis, las cuales terminamos testeando con experimentos y modelos.

## **El escarabajo acorazado diabólico**

¿Fue lo que sucedió con el escarabajo acorazado diabólico (*Phloeodes diabolicus*)?



*iStock via Getty Images*

Así es. Se trata de un insecto casi indestructible de unos 2 centímetros de largo. Por ejemplo, puede sobrevivir a ser aplastado por el neumático de automóvil. Al carecer de la capacidad de huir de los depredadores, este insecto de los desiertos del suroeste de América del Norte desarrolló a lo largo de 350 millones de años una armadura, un exoesqueleto rico en proteínas extremadamente resistente al impacto y al aplastamiento. Puede soportar fuerzas de hasta 39 000 veces su propio peso corporal. Una maravilla de la naturaleza.

En 2020, publicamos con el equipo del ingeniero David Kisailus de UC Irvine un paper en Nature en el que explicamos su dureza: mediante una combinación de microscopía avanzada, pruebas mecánicas y simulaciones por computadora, descubrimos que su resistencia se debe a las articulaciones en capas del exoesqueleto similares a un rompecabezas. La estructura de la carcasa de este escarabajo sirve de inspiración para la creación de la próxima generación de materiales ligeros resistentes al impacto para su uso en las industrias aeroespacial, automotriz y de defensa.

### **Nuevas enseñanzas**

Su equipo también estudió al camarón mantis (*Odontodactylus scyllarus*). ¿Qué aprendieron de esta criatura marina?

Este crustáceo domina a sus presas, tales como moluscos y otros cangrejos, aplastándolas con una

especie de garrote, un apéndice de medio centímetro en forma de maza hecho de carbonato de calcio y fosfato de calcio que se endurece y con el que golpea a gran velocidad, a 80 km/h.



Imagen: <https://www.fishipedia.es/crustaceo/odontodactylus-scyllarus>

Las fibras de quitina de este martillo biológico están dispuestas en un patrón de espiga en la capa exterior, lo que le confiere su dureza y ayuda a que la energía del impacto se disipe. La fuerza creada por el impacto del crustáceo es más de mil veces su propio peso. La naturaleza nos está enseñando cómo producir materiales más livianos, pero más fuertes y resistentes para muchas aplicaciones, como nuevos chalecos antibalas y aeronaves.

### **La inspiración de la naturaleza**

¿Cree que para construir estaciones y colonias en la Luna o Marte también se necesitará inspirarse de la naturaleza?

Absolutamente. Nuestro equipo fue uno de los seleccionados por la Agencia de Proyectos de Investigación

Avanzados de Defensa (DARPA) para un nuevo programa llamado Trenton, que busca facilitar la impresión tridimensional de hormigón subacuática. Propusimos conceptos de bioinspiración para aumentar la resistencia del material que se imprime abajo del agua.

Si en algún momento alguna agencia o empresa decide colonizar Marte o instalar una colonia en la Luna, seguramente los pioneros espaciales construirán estructuras, hábitats y herramientas con impresoras 3D, capa a capa, utilizando minerales del suelo, como el regolito, las partículas finas, polvorientas y arenosas que cubren las superficies lunar y marciana.

En la gravedad reducida de la Luna o Marte, los materiales se comportan de forma diferente a como lo hacen en la Tierra. Podemos aprender de la naturaleza para crear materiales impresos en 3D más robustos para edificios y otras estructuras.

La naturaleza tiene mucho para enseñarnos y recién estamos rascando la superficie. Debemos estar siempre atentos a las soluciones que han desarrollado a lo largo de millones de años mosquitos, escarabajos, crustáceos y miles de otros organismos. Nunca se sabe si la respuesta a un problema está justo delante nuestro.

El Maipo/ECOticias