



Biomimetismo en el desarrollo sustentable

Biomimicry in sustainable development

Juan Carlos Hernández-Santos¹.

1. Maestría en Ciencias en Sustentabilidad de los Recursos Naturales y Energía, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, Instituto Politécnico Nacional Unidad Saltillo. Coahuila, México.



Recibido: 14 de diciembre de 2023.

Aceptado: 8 de octubre de 2024.

ART-RE-91-e090103

DOI: 10.5281/zenodo.15769118

Autor(a) responsable de la correspondencia

Juan Carlos Hernández-Santos

juancarlos.hernandez@cinvestav.mx

Industrial, Zona Industrial, Ramos Arizpe, C.P. 25900, Saltillo.

Coahuila, México.



Este artículo se distribuye bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional.

© Hernández-Santos JC. Biomimetismo en el desarrollo sustentable.

Rev Cadena Cereb. 2025; 9(1): e090103.

<https://www.cadenadecerebros.com/articulo/2025-e090103>

RESUMEN

El biomimetismo, una disciplina que encuentra su inspiración en la vasta riqueza de la naturaleza, ha ganado prominencia como un catalizador para el desarrollo sustentable. Este trabajo ofrece un análisis exhaustivo de la literatura existente sobre biomimetismo, destacando su aplicación en diversos campos relacionados con la sostenibilidad. Desde la ingeniería de materiales hasta la arquitectura y la gestión medioambiental, el biomimetismo ha demostrado ser una fuente inagotable de soluciones innovadoras que no solo mejoran la eficiencia técnica, sino que también reducen el impacto ambiental. A través de la revisión crítica de diversos artículos científicos, este estudio busca arrojar luz sobre las contribuciones actuales, desafíos y futuras direcciones de investigación en la intersección entre biomimetismo y desarrollo sustentable.

Palabras clave: Biomimética; biomimetismo; sostenible; naturaleza.

ABSTRACT

Biomimicry, a discipline that finds its inspiration in the vast wealth of nature, has gained prominence as a catalyst for sustainable development. This paper offers a comprehensive analysis of the existing literature on biomimicry, highlighting its application in various fields related to sustainability. From materials engineering to architecture and environmental management, biomimicry has proven to be an inexhaustible source of innovative solutions that not only improve technical efficiency but also reduce environmental impact. Through a critical review of various scientific articles, this study seeks to shed light on current contributions, challenges, and future research directions at the intersection of biomimicry and sustainable development.

Keywords: Biomimicry; sustainable; nature.

INTRODUCCIÓN

En un mundo marcado por la acelerada innovación y la búsqueda constante de soluciones eficientes y sostenibles, el biomimetismo se erige como un enfoque revolucionario que encuentra inspiración en el asombroso diseño y la ingeniería evolutiva de la naturaleza. Este paradigma, también conocido como "innovación inspirada en la naturaleza", busca imitar y adaptar las estrategias, formas y procesos biológicos que han evolucionado a lo largo de millones de años. Desde la anatomía de los organismos más pequeños hasta las complejidades de los ecosistemas¹, el biomimetismo se ha convertido en una fuente inagotable de ideas para diseñadores, ingenieros y científicos que buscan abordar problemas contemporáneos con soluciones eficientes y sostenibles. En esta exploración sin límites de la biología como maestra, el biomimetismo se revela como un puente entre la tecnología y la naturaleza, ofreciendo respuestas innovadoras a desafíos multidisciplinarios que van desde la tecnología de punta hasta la preservación del medio ambiente. Esta introducción invita a sumergirse en el fascinante mundo del biomimetismo, donde la naturaleza no solo es observada, sino también imitada para crear un futuro más armonioso y sostenible.

En el contexto del desarrollo sustentable, el biomimetismo emerge como un aliado estratégico, ofreciendo soluciones que no solo son eficaces desde el punto de vista tecnológico, sino también respetuosas con el entorno. La capacidad de la naturaleza para optimizar recursos, minimizar residuos y adaptarse a entornos cambiantes ha inspirado innovaciones que buscan abordar los desafíos más apremiantes de nuestro tiempo. Desde la creación de materiales más ligeros y fuertes hasta el diseño de edificaciones energéticamente eficientes, el biomimetismo en el desarrollo sustentable va más allá de la simple imitación; representa una simbiosis entre la creatividad humana y la perfección evolutiva de la naturaleza².

Este enfoque no solo procura maximizar la eficiencia técnica, sino también incorporar la ética ambiental en cada paso del proceso de diseño y producción. A medida que la sociedad busca formas

innovadoras de mitigar el impacto ambiental y promover la sostenibilidad, el biomimetismo emerge como un catalizador clave para la transformación de industrias enteras. Esta exploración enriquecedora de la intersección entre biomimetismo y desarrollo sustentable no solo ofrece soluciones pragmáticas, sino que también impulsa una reflexión profunda sobre nuestro papel como custodios responsables de este planeta compartido. En este viaje hacia un futuro más sostenible, el biomimetismo se erige como una brújula, guiándonos hacia soluciones que no solo son eficientes, sino que también honran y preservan la riqueza inigualable de nuestro entorno natural.

AEROGELAS BIOMIMÉTICAS DE NANOFIBRAS DE CELULOSA ESTRUCTURAL CON EXCEPCIONALES PROPIEDADES MECÁNICAS, IGNÍFUGAS Y DE AISLAMIENTO TÉRMICO

En un mundo donde el consumo de energía está en constante aumento, la búsqueda de materiales aislantes térmicos eficientes y sostenibles es esencial para construir edificios más amigables con el medio ambiente. Se ha desarrollado una tecnología innovadora utilizando nanofibras de celulosa, un material derivado de plantas, para crear un material aislante llamado aerogel³. Estos aerogeles tienen propiedades excepcionales (**Tabla 1**).

El desafío ha sido mejorar la resistencia al fuego de estos aerogeles de celulosa, ya que naturalmente son inflamables. Para abordar este problema, los científicos han tomado inspiración de la naturaleza, específicamente de la estructura porosa de las láminas en el tallo de una planta llamada *Thalia Dealbata*. Han desarrollado un método para incorporar nanohojas de fosfato de circonio bidimensional dentro de un material llamado grafeno, creando así un nuevo material llamado ZrP/RGO.

La técnica de ensamblaje de estos componentes se basa en una técnica de congelación unidireccional, que imita la estructura de

Tabla 1. Características-propiedades de aerogeles biomiméticos de nanofibras de celulosa estructural.

| Propiedad/ Característica | Descripción |
|------------------------------|---|
| Composición | Principalmente nanofibras de celulosa y componentes biomiméticos. |
| Estructura | Red tridimensional de nanofibras entrelazadas. |
| Densidad aparente | Muy baja debido a la naturaleza porosa del aerogel. |
| Porosidad | Alta porosidad, proporcionando una gran área superficial. |
| Conductividad térmica | Baja, lo que permite un buen aislamiento térmico. |
| Resistencia mecánica | Alta resistencia a pesar de su baja densidad. |
| Transparencia | Potencialmente transparente o translúcido. |
| Biodegradabilidad | Biodegradable debido a la presencia de celulosa. |
| Capacidad de carga | Posible capacidad para cargar agentes terapéuticos o medicamentos. |
| Funcionalización superficial | Posibilidad de modificar químicamente la superficie para aplicaciones específicas. |
| Biocompatibilidad | Alta biocompatibilidad debido a la naturaleza de la celulosa. |
| Aplicaciones potenciales | Ingeniería de tejidos, liberación controlada de fármacos, sensores biomiméticos, etc. |

las láminas de *Thalia Dealbata*. Este proceso ha resultado en la creación de un aerogel biomimético estructural con propiedades impresionantes. En comparación con los aerogeles anteriores, este nuevo material tiene una baja conductividad térmica, alta resistencia y una capacidad significativa para resistir el fuego.

En términos más sencillos, se ha logrado crear un material aislante térmico avanzado utilizando fibras de celulosa derivadas de plantas. Este material es excepcionalmente resistente y puede soportar altas temperaturas sin arder. Además, su capacidad para aislar el calor es superior a muchos materiales utilizados comúnmente en la construcción de edificios, lo que lo convierte en una opción prometedora para construcciones más eficientes desde el punto de vista energético y respetuosas con el medio ambiente.

**CONTROL DE DAÑOS INSPIRADO EN LAS PLANTAS:
UNA INSPIRACIÓN PARA SOLUCIONES
SOSTENIBLES EN EL ANTROPOCENO⁴**

Vivimos en un momento llamado el Antropoceno, donde los cambios hechos por los humanos en la Tierra nos desafían a encontrar soluciones sostenibles. Un enfoque interesante es mirar cómo las plantas se protegen a sí mismas de daños y aplicar esas ideas a nuestras creaciones tecnológicas.

La naturaleza, como los árboles que pierden hojas en otoño, siempre ha mostrado ciclos naturales de cambio. Ahora, estamos tratando de aprender de esos ciclos para hacer un mundo más sostenible.

Este caso, se enfocan en cómo las plantas evitan y manejan los daños. Por ejemplo, las plantas pueden repararse solas y deshacerse de partes dañadas de manera controlada.

Esto no solo suena interesante, sino que también puede ayudarnos a usar nuestros recursos de manera más eficiente y reducir la basura que generamos. Todo esto se alinea con el Objetivo de Desarrollo Sostenible 12, que busca patrones de consumo y producción más responsables.

La protección de las plantas contra el viento es esencial para su supervivencia, ya que no pueden moverse ni esconderse de condiciones adversas. Imagina que las plantas tienen que enfrentarse al viento fuerte y necesitan adaptarse para no sufrir daños. Este proceso de adaptación implica cambios genéticos con el tiempo, algo así como una evolución para resistir el viento.

Cuando las plantas sienten el viento, responden de diferentes maneras. Pueden cambiar su forma y su funcionamiento interno para protegerse. Un ejemplo es la caña gigante, que puede resistir fuertes ráfagas de viento sin romperse. Esto inspira a los arquitectos a crear edificios que también puedan adaptarse al viento, utilizando ideas de cómo las plantas se protegen.

Las plantas pueden repararse a sí mismas cuando se dañan. Al igual que nuestro cuerpo puede curarse, las plantas también tienen mecanismos para cerrar heridas y recuperarse. Esto se llama autorreparación. Algunos científicos han estudiado cómo los cactus, por ejemplo, pueden ayudarnos a crear materiales que se reparen solos, como un juguete que se arregla si se rompe.

También habla sobre cómo las plantas dejan caer sus hojas en ciertas épocas del año. Esto puede servir como inspiración para hacer productos que, cuando ya no funcionan, se puedan descomponer en partes más pequeñas para reciclarlas y no generar tanto desperdicio.

La observación de cómo las plantas se protegen a sí mismas, adaptándose al entorno y reparándose cuando es necesario, brinda ideas valiosas para el diseño de tecnologías más sostenibles (Tabla 2).

La adopción de principios inspirados en la naturaleza no solo resulta interesante desde un punto de vista científico y tecnológico, sino que también representa un camino hacia soluciones innovadoras y sostenibles en el contexto actual de cambio climático y búsqueda de prácticas más responsables.

Tabla 2. Características para el control de daños inspirado en plantas.

| Característica | Descripción |
|--|---|
| Autorreparación | La capacidad de cerrar heridas y recuperarse. |
| Desprendimiento controlado de partes dañadas | Este mecanismo permite a las plantas eliminar secciones comprometidas sin poner en riesgo su supervivencia global |
| Adaptación al entorno | La capacidad de adaptarse a condiciones adversas. Este enfoque busca optimizar la resistencia y la eficiencia función de su entorno |
| Cambios genéticos y evolución | Las plantas experimentan cambios genéticos con el tiempo para adaptarse a condiciones adversas, como resistir el viento. |
| Ciclos naturales y patrones de consumo sostenible | Observar como las plantas siguen patrones naturales puede conducir a la adopción de comportamientos y prácticas que se alineen con un uso responsable de los recursos, contribuyendo a la creación de un entorno más sostenible y resistente. |
| Eficiencia en el uso de recursos | Ideas inspiradas en plantas busca utilizar los recursos de manera más eficiente. |

NANOESTRUCTURAS SOSTENIBLES BASADAS EN CARBONO CON RENDIMIENTO OPTOELECTRÓNICO INSPIRADAS EN CAPARAZONES DE CRUSTÁCEOS HACIA LA PIRÓLISIS BIOMIMÉTICA Y LA TRANSFERENCIA HIDROTÉRMICA DE CRISTALES LÍQUIDOS⁵

Es importante estudiar cómo son los materiales muy pequeños, en la escala de lo extremadamente pequeño (llamado nanométrico). Cuando reducimos el tamaño de las partículas de ciertos materiales a esta escala, aparecen propiedades nuevas relacionadas con la luz y la electricidad debido a ciertas leyes cuánticas y a imperfecciones en la superficie de los materiales. Un ejemplo interesante es el uso de caparazones de cangrejo para crear materiales asombrosos a nivel nanotecnológico.

Los restos de la industria alimentaria contienen un material llamado quitina, y resulta que este material puede transformarse en algo útil. Para lograr esto, calentamos los caparazones de cangrejos a altas temperaturas en un proceso llamado pirólisis. Esto produce una estructura de carbono en forma de nanofibras. Lo sorprendente es que estas nanofibras tienen una disposición en espiral, inspirada en la forma natural de algunas conchas de crustáceos.

Luego, agregamos pequeñas partículas de un material llamado óxido de cobalto a la estructura de carbono. Esto crea una película compuesta que puede utilizarse en supercondensadores, que son dispositivos que almacenan y liberan energía de manera eficiente.

Además, otra parte de la quitina, llamada cristales líquidos de quitina, se puede convertir en nanorodillos de carbono. Estos nanorodillos repelen el agua y emiten luz cuando se exponen a la luz ultravioleta.

Se han encontrado formas ingeniosas de aprovechar los desechos de los caparazones de cangrejo para crear materiales nanotecnológicos interesantes. Estos materiales podrían tener aplicaciones en áreas como la energía, la catálisis y los sensores.

BIOMIMÉTICA: UNA PERSPECTIVA CRÍTICA SOBRE LAS IMPLICACIONES ÉTICAS DE LA BIOMIMÉTICA EN LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA⁶

La biomimética está ganando mucha popularidad porque ofrece oportunidades para mejorar la tecnología, innovar y promover el desarrollo sostenible. Sin embargo, este crecimiento ha generado discusiones éticas sobre cómo se aborda la biomimética, resaltando la necesidad de reglas éticas que se apliquen en todo el mundo. Se ha explorado los problemas éticos, morales y legales asociados con la biomimética, centrándose en temas como las razones para realizar este tipo de investigación, cómo valoramos la naturaleza y cómo regulamos la venta de conocimiento biológico. El objetivo es resaltar los desafíos que enfrenta la biomimética para que los profesionales puedan tomar decisiones informadas.

La biomimética consiste en traducir la información biológica en soluciones innovadoras y es una forma moderna de aprender de la naturaleza. Aunque este campo está creciendo rápidamente, enfrenta desafíos éticos, filosóficos y legales que deben abordarse. La popularidad de la biomimética se debe en parte a la idea equivocada de que las tecnologías resultantes son automáticamente más amigables con el medio ambiente. Sin embargo, esta "promesa biomimética" asume de manera incorrecta que lo natural es siempre bueno. Se destacan motivaciones como la sostenibilidad, el

uso militar y la optimización, resaltando la importancia de evaluar el impacto total de las soluciones biomiméticas. Se enfoca en analizar y aplicar modelos biológicos para resolver problemas técnicos.

Se discuten desafíos éticos, morales y legales, centrándose en las motivaciones detrás de la investigación en biomimética. Se cuestiona la creencia de que estas soluciones son automáticamente sostenibles, especialmente en contextos militares donde la falta de respeto por la vida puede ser evidente. También se aborda la tendencia a ver la naturaleza como algo optimizado, ignorando los procesos evolutivos y las limitaciones de la optimización en biología. Se destaca la importancia de valorar la naturaleza intrínsecamente y no solo como un recurso utilitario.

En resumen, se enfatiza la necesidad de que los profesionales en biomimética aborden estos desafíos críticamente y consideren las implicaciones éticas de sus acciones. Aunque se ofrecen recomendaciones específicas, se reconoce la complejidad del campo y se insta a seguir debatiendo para mejorar la comprensión y abordar los desafíos éticos en constante evolución.

REFERENCIAS

1. MacKinnon RB, Oomen J, Pedersen-Zari M. Promises and Presuppositions of Biomimicry. *Biomimetics*. 2020; 5(3): 33. DOI: [10.3390/biomimetics5030033](https://doi.org/10.3390/biomimetics5030033)
2. Gamage A, Hyde R. A model based on Biomimicry to enhance ecologically sustainable design. *Architect Sci Rev*. 2012; 55(3), 224-235. DOI: [10.1080/00038628.2012.709406](https://doi.org/10.1080/00038628.2012.709406)
3. Wanga D, Penga H, Yub B, Zhouc K, Panc H, Zhanga L, et al. Biomimetic structural cellulose nanofiber aerogels with exceptional mechanical, flame-retardant and thermal-insulating properties. *Chem Eng J*. 2020; 389: 124449. DOI: [10.1016/j.cej.2020.124449](https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.124449)
4. Speck O, Langer M, D Mylo M. Plant-inspired damage control – An inspiration for sustainable solutions in the Anthropocene. *Anthropocene Rev*. 2022; 9(2): 220-236. DOI: [10.1177/20530196211018489](https://doi.org/10.1177/20530196211018489)
5. Lieu TT, Vu TP, Le HT, Phan DV, Nguyen CX, Luong TD, et al. Sustainable carbon-based nanostructures with optoelectronic performance inspired by crustacean shells towards biomimetic pyrolysis and hydrothermal liquid crystal transfer. *Optical Materials*. 2021; 116: 111100. DOI: [10.1016/j.optmat.2021.111100](https://doi.org/10.1016/j.optmat.2021.111100)
6. Broeckhoven C, Winters S. Biomimethics: a critical perspective on the ethical implications of biomimetics in technological innovation. *Bioinspir Biomim*. 2023; 18: 053001. DOI: [10.1088/1748-3190/ace7a2](https://doi.org/10.1088/1748-3190/ace7a2)

FINANCIAMIENTO

El autor declaró que no existieron fuentes de financiamiento provenientes de personas físicas o morales para la planeación, desarrollo, redacción y/o publicación del presente trabajo.

CONFLICTOS DE INTERESES

El autor declaró que no tiene conflictos de intereses.

PRESENTACIONES PREVIAS

Ninguna.