

Biomímesis:

la innovación sostenible y
regenerativa inspirada en la
naturaleza.

Tabla de contenidos

01.	Introducción	03
02.	Innovación bioinspirada – el concepto de partida	09
03.	El auge de la bioinspiración para la innovación empresarial	13
04.	Casos de éxito y oportunidades	18
05.	Poniendo el foco: frentes con mayor potencial en esta década	27
06.	Conclusion	32

01

Introducción

El panorama actual, insostenible y degenerativo por definición^{1,2,3} (Figuras 1 y 2), requiere de todo esfuerzo posible y viable para evolucionar hacia la sostenibilidad y la regeneración. La emergencia climática, la pérdida de biodiversidad, el calentamiento global, los flujos bioquímicos de fósforo y nitrógeno, la contaminación, la pérdida de suelo fértil, la deforestación, la acidificación oceánica, entre otras dinámicas que se añaden a desigualdades socioeconómicas predominantes son solo algunos de las evidencias que corroboran la gravedad de la situación actual. La pérdida de servicios ecosistémicos⁴ y las consecuencias de este estado planetario desequilibrado por la acción de nuestra especie, afectan no solo el día a día de la sociedad y su supervivencia, sino también y de modo determinante a la economía mundial en un mundo globalizado. La causa ambiental ya no es solo un asunto de científicos y ecologistas, y está siendo incluido en los sectores económicos^{5,6} como una prioridad fundamental que requiere de acción inmediata. En este contexto, el desarrollo de nuevas aproximaciones creativas tiene el potencial de transformar de un modo radical el rumbo actual de la sociedad con el objetivo de poder sobrevivir con garantías tal y como hemos conocido en la cultura moderna.

1. Reed, Bill (2007). Shifting from sustainability to regeneration. *Building Research & Information*, 35:6,674 — 680.

2. Bermejo, R. (2011). *Manual para una economía sostenible*. Ed. Catarata.

3. IPCC, 2022: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, y col. (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.

4. IPBES (2019), *Global assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*, Brondizio, E. S., Settele, J., Díaz, S., Ngo, H. T. (eds). IPBES secretariat, Bonn, Germany.

5. World Economic Forum (2007-2020), *Global Risks Reports*.

6. OECD (2019), *Biodiversity: Finance and the Economic and Business Case for Action*, report prepared for the G7 Environment Ministers' Meeting, 5-6 May 2019.

Figura. 1

Visión gráfica de los sistemas degenerativos y su evolución hacia sistemas regenerativos.

Trayectoria Medioambiental del Diseño Responsable

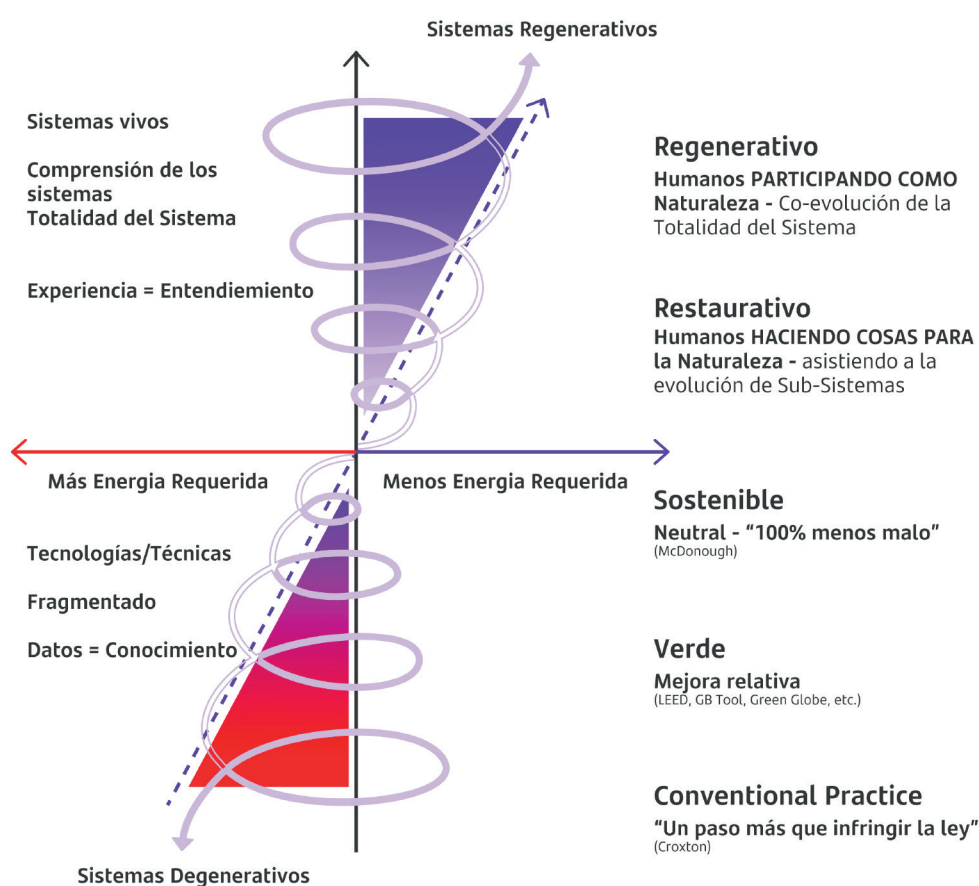


Figura 1: © Bill Reed con permiso del autor. All rights reserved. Regenesis 2000 - 2016 - Contact Bill Reed, bill@regenesisgroup.com for permission to use | Traducido por M. Quirós con permiso del autor.

Figura. 2

Límites planetarios⁷.

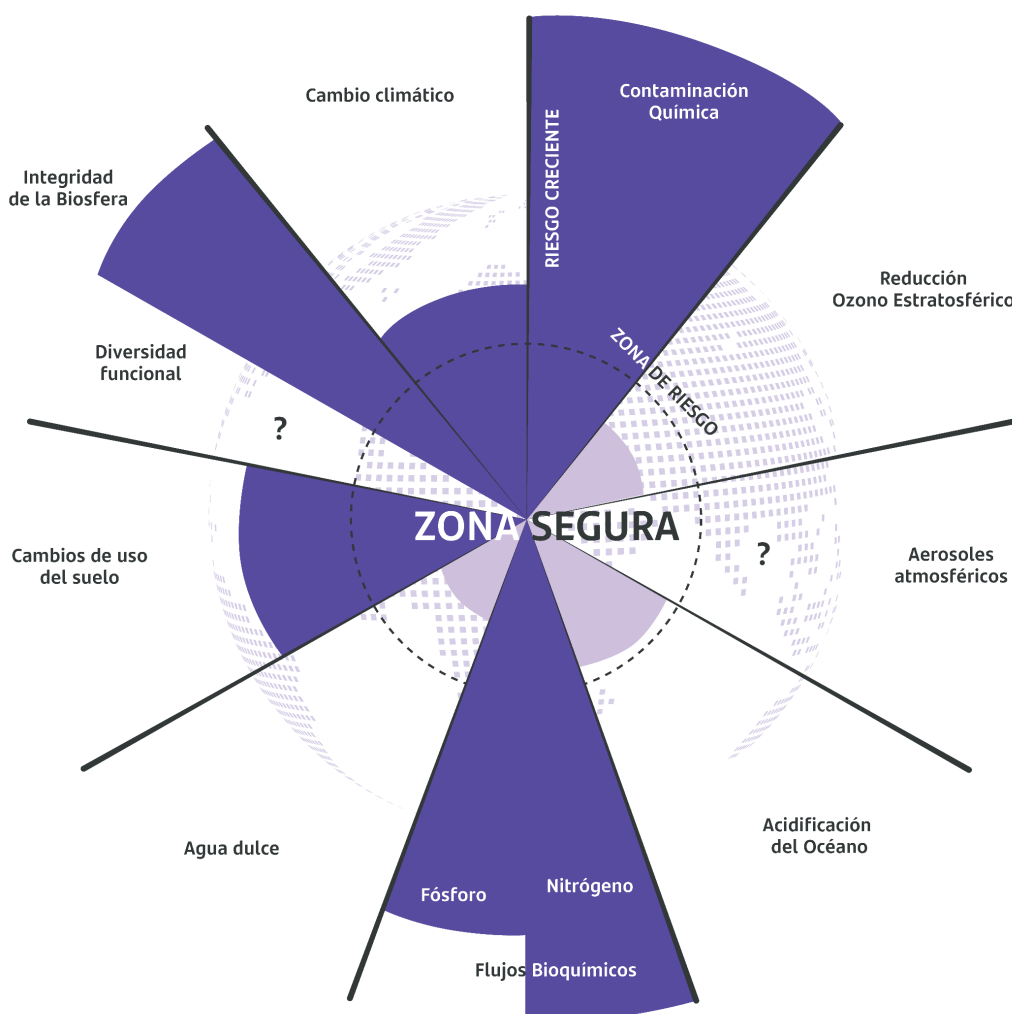


Figura 2: Diseño de Azote.

7. Centro de Resiliencia de Estocolmo, basado en el análisis de Persson y col. (2022) y Steffen y col. (2015).

El Holoceno, período geológico de estabilidad, ha proporcionado un clima predecible que ha favorecido el asentamiento y el desarrollo de las ciudades, una agricultura diseñada en función a unas estaciones anuales y, en definitiva, la cultura tal y como la conocemos. Toda esta dinámica estable, fiable y predecible que ha permitido el mundo que conocemos está siendo, para parte de la comunidad científica, reemplazada por una nueva Era geológica, conocida como el Antropoceno (la Era del Hombre). Este término fue acuñado por el limnólogo estadounidense Eugene F. Stoermer, y popularizado a principios del decenio de 2000 por el holandés Paul Crutzen, premio Nobel de Química. Este nuevo periodo abarcaría la época en la que las actividades del hombre empezaron a provocar cambios biológicos y geofísicos a escala mundial⁸.

Ante este panorama, la gobernanza mundial se ha puesto manos a la obra, tal y como se refleja en la creación en el 2015 de los Objetivos del Desarrollo Sostenible⁹ de las Naciones Unidas. Además, numerosas innovaciones aún por desarrollar de modo global y generalizado están surgiendo en todos los sectores de la sociedad, desde la industria, la academia, el tercer sector y la propia gobernanza corporativa o las finanzas. Bien conocidos son los avances en energías renovables y descentralizadas, en movilidad (eléctrica, de hidrógeno, compartida, ciclista, pública, etc.), en agricultura (alimentación orgánica, regenerativa, local, certificada, vegana, sin desperdicios, etc.), en arquitectura (bioclimática, vernácula, cercana, inteligente, etc.), en nuevos materiales (como los biomateriales) e incluso en el propio sistema económico, con interesante e incipientes modelos (como la economía circular, la economía colaborativa o la economía del doghnout¹⁰, por citar algunos ejemplos). El desarrollo y la implementación de estas innovaciones a escala global tiene el potencial de ayudar a la humanidad a adaptarse al nuevo escenario.

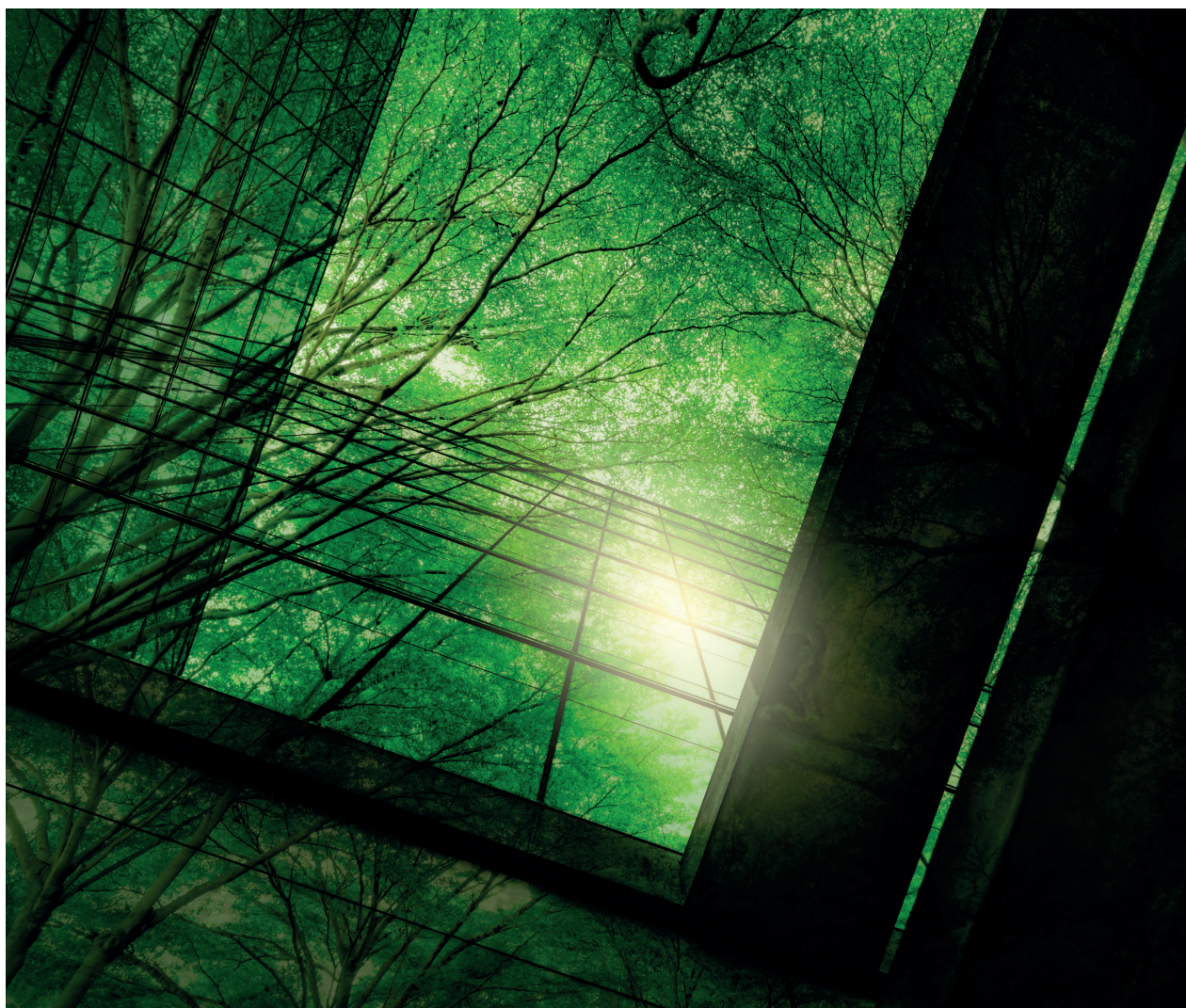
El presente documento pretende informar sobre cómo la biomímesis puede alimentar este proceso de búsqueda de un nuevo equilibrio, y lo hace en cuatro secciones que pretenden responder a **qué es** la biomímesis en el marco más general de las innovaciones bioinspiradas; **por qué** pensamos no sólo que va a ser importante, sino que ya lo está siendo, **dónde** está causando impacto disruptivo hasta ahora (y qué aprendizajes podemos extraer de ello), y finalmente cómo podría avanzar a medio plazo.

8. Wikipedia. Anthropocene. (s.f.). Recuperado el 25 de agosto 2022 de: <https://en.wikipedia.org/wiki/Anthropocene>.

9. Organización de las Naciones Unidas. (s.f.). Objetivos de Desarrollo Sostenible. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>.

10. Raworth, K. (2018). Economía de la rosquilla: 7 maneras de pensar en la economía del siglo XXI. Paidós. 379 pp.

La naturaleza ha resuelto la mayoría de los retos a los que se enfrenta el ser humano (y muchos más) y sin duda puede guiar, desde una perspectiva sistémica, la búsqueda de soluciones innovadoras. El sector privado y la sociedad en su conjunto pueden sin duda aprender de los organismos y sistemas vivos gracias al refinamiento de la evolución, que muestra el camino a seguir para alcanzar un elevado nivel de eficiencia. No existe sector industrial donde la naturaleza no pueda contribuir a la mejora de los procesos y sistemas.



El sector privado y la sociedad en su conjunto pueden sin duda aprender de los organismos y sistemas vivos gracias al refinamiento de la evolución, que muestra el camino a seguir para alcanzar un elevado nivel de eficiencia. No existe sector industrial donde la naturaleza no pueda contribuir a la mejora de los procesos y sistemas.

02 Innovación bioinspirada – el concepto de partida

La innovación a lo largo de la historia de la humanidad desde el siglo XVIII hasta nuestros días nos muestra el camino recorrido para alcanzar algunas soluciones necesarias que han permitido adaptarse a los nuevos contextos (Figura 3). En la última ola de innovación, que se inicia aproximadamente con el nuevo milenio, afloran nuevos conceptos como la sostenibilidad o la visión sistémica, y también la biomímesis. Esta disciplina (cuyo nombre procede del griego: βίος (bios), vida, y μίμησις (mimesis), imitar, emular) trata de entender cómo los organismos vivos han desarrollado a lo largo de la evolución procesos, estructuras, formas y materiales adaptados al entorno planetario para sobrevivir y perdurar, y nos abre un camino para dar lugar no solo a nuevas tecnologías bioinspiradas, sino que también pretende cambiar la relación de la especie humana con la naturaleza.

Figura. 3

Olas de Innovación desde el siglo XVIII al XXI.

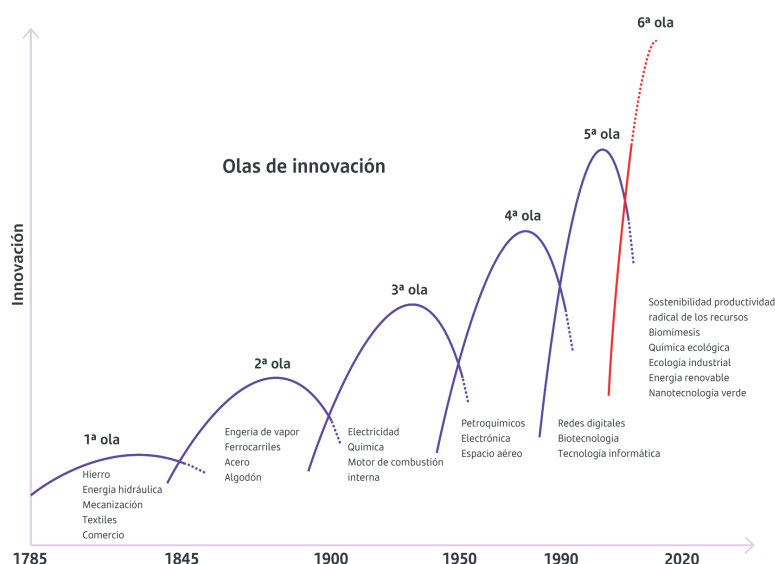


Figura 3. Hargroves K. y Smith M. (2005) The Natural Advantage of Nations: Business Opportunities, Innovation and Governance in the 21st Century. Earthscan/James and James Publishing, London.

La naturaleza lleva desde hace 3.850 millones de años encontrando soluciones innovadoras, sostenibles y regenerativas, por lo que podríamos decir sin temor a equivocarnos que la innovación es uno de los procesos más antiguos del planeta Tierra. Para buscar de manera más eficaz respuestas a los problemas humanos, debemos ahondar en un proceso de incremento de la atención perdida hacia la biología, superando el paradigma reinante que ve a la naturaleza como proveedor de recursos, almacén alimentario o depósito de residuos. De este modo, evitaremos la merma de su resiliencia y la pérdida de capital natural, aspectos críticos para la estabilidad planetaria y lógicamente la de sus habitantes.

Ingeniería vs. biología en la búsqueda de eficiencia. Mientras que la biología utiliza con frecuencia unos pocos materiales simples dispuestos de una manera particular haciendo uso de métodos pasivos de detección o control, la ingeniería en su aproximación clásica, en cambio, tiende a consumir más energía y, a menudo, logra resultados menos eficientes. Esto no es sorprendente, porque las fuerzas evolutivas han operado durante millones de años, mientras que la ingeniería, desde la perspectiva formal del uso de principios físicos y análisis matemáticos aliados al diseño funcional, es una práctica relativamente moderna, de apenas unos cientos de años. Las herramientas de investigación, de medición e imagen actuales nos permiten estudiar cómo la naturaleza ha desarrollado soluciones a los retos a los que se enfrenta. Estos conocimientos sobre mecanismos, formas, procesos y materiales están ya inspirando a la investigación y la academia y están impulsando nuevos enfoques innovadores para una gran cantidad de problemas de diseño en más de 40 sectores industriales¹¹ (abarcando áreas tan diversas como la arquitectura, la ingeniería, la regeneración del suelo, la circularidad de materiales y flujos energéticos o el aprovechamiento de la energía solar, entre otros).

El **diseño bioinspirado** es un término que generalmente se acepta como una categoría general para los enfoques de diseño e ingeniería que utilizan la biología como recurso para encontrar soluciones y que requieren de una comprensión del sistema natural, pero es relevante mencionar que existen otras aproximaciones bioinspiradas que son meramente evaluativas y no regenerativas¹².

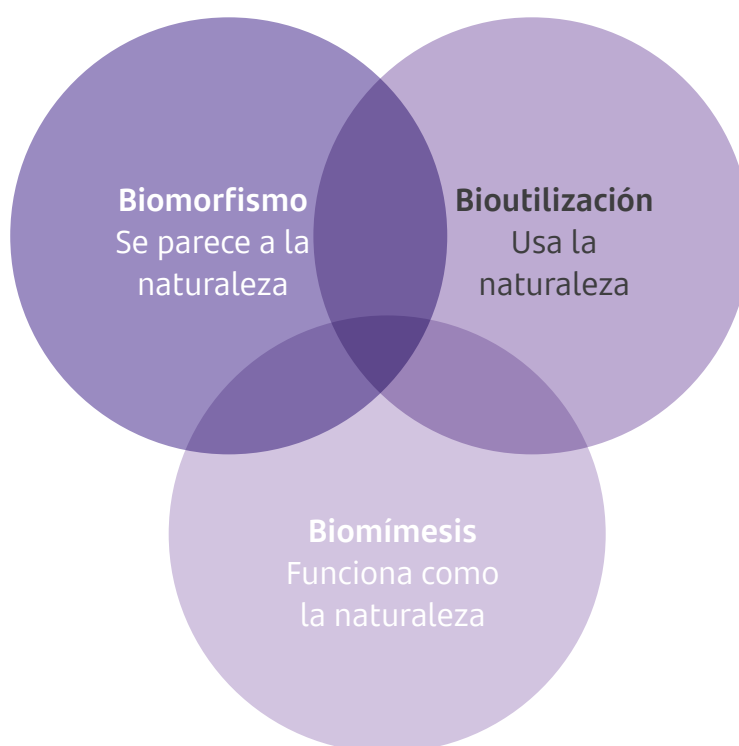
11. Smith, C y col. (2015). Tapping into nature. The future of energy, innovation and business. Terrapin Bright Green LCC, NY. Recuperado el 20 de julio de 2022 en: www.terrapinbg.com/publications.

12. Vallet, F., y col. (2013). Using eco-design tools: An overview of experts' practices. Design Studies 34(3): 345–377. Retrieved August 30th, 2022 at: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000318261500004?SID=EUW1ED0E734Mtk2fanAKFNb6cmO3I>.

Si bien la **biomimética es un tipo de diseño bioinspirado, no todo el diseño bioinspirado es biomimético**. Hay tres términos que se utilizan para describir las formas en que se pueden relacionar los sistemas biológicos y los diseños humanos.

Figura. 4

Formas de bioinspiración.



- **Biomorfismo.**

Dentro del diseño bioinspirado, se refiere a **diseños que se asemejan visualmente a elementos de la naturaleza** (y así encontramos edificios en forma de pez, ropa con formas o estampados de mariposas o coches con pinturas de camuflaje). Los **diseños biomórficos** pueden ser muy hermosos y beneficiosos, en parte porque los humanos tienen una afinidad natural por la naturaleza y sus formas. Pero es importante entender que **parecerse a la naturaleza no es un indicador fiable del diseño biomimético**, ya que **un diseño biomimético puede o no parecerse en nada a los organismos que lo inspiraron**.

Figure 4: Manuel Quirós

- **Bioutilización.**

Que hace referencia al uso de material biológico u organismos vivos para un diseño o una tecnología concreta, como podría ser el empleo de bacterias para producir ladrillos¹³, usar micelio fúngico para producir cuero vegano¹⁴, bambú como chasis para una bicicleta o una pared viva de plantas para ayudar a limpiar el aire en una oficina. El empleo de organismos vivos o partes de él puede ser muy útil, y así los diseños biomiméticos a veces incorporan la bioutilización. Sin embargo, **el hecho de que se emplee un organismo vivo o se utilice un material natural no significa que el diseño sea biomimético.**

- **Biomímesis.**

La característica distintiva de la biomimética es **el estudio y la emulación de estrategias funcionales para crear soluciones sostenibles y regenerativas.** Además, un factor determinante que diferencia la biomímesis de otros enfoques de diseño bioinspirados es el énfasis en aprender y emular las soluciones regenerativas que tienen los sistemas vivos para desafíos funcionales específicos.



13. <https://biomason.com>

14. <https://biomason.com>

03

El auge de la bioinspiración para la innovación empresarial

El Financial Times publicó hace ya más de una década un informe especial¹⁵ en el que afirmaba que muchas empresas, fuera de los sectores de la agricultura, la alimentación y productos farmacéuticos, parecían tener pocos vínculos con el mundo natural. A medida que avanzamos en el desarrollo sostenible, muchas grandes corporaciones y agencias públicas han implementado programas “verdes”, pero el enfoque conservacionista está lejos de estar arraigado. Sin embargo, esta percepción podría estar cambiando y numerosas empresas están comprendiendo cuánta riqueza puede proporcionar la preservación de los ecosistemas naturales, sumándose a los esfuerzos existentes para proteger y conservar el medio ambiente. Desde entonces se han seguido publicando estudios, análisis y position papers que no han hecho sino confirmar y abundar en lo ya referido por aquel trabajo de referencia en 2010 bien en el plano académico¹⁶, empresarial¹⁷, del diseño en países occidentales¹⁸ o de las políticas de innovación para países de ingreso medio¹⁹.

Una de las máximas en los sistemas vivos es que optimizan en vez de maximizar²⁰ como hacemos los humanos, mostrándonos así un modelo sostenible y regenerativo. La biomímesis puede proporcionar aquí un puente crítico entre el sector privado y la naturaleza.

15. Special Report: Sustainable Business Financial Times (London): 4 Oct. 2010: 1-4.

16. Biomimetics in 2019: Academic Progress Report. 2020. Available at: <https://www.isbe-online.org/?ui=english&mod=info&act=view&id=4046>.

17. Bonime, W (2020). Biomimicry: Using Nature's Perfect Innovation Systems to Design the Future. Forbes.

18. The State of Nature-Inspired Innovation in the UK. Systematic Insights into The State of Nature-Inspired-Innovation in the UK – New Report Launch from Biomimicry Innovation Lab in collaboration with the Nadathur Group. 2021. Available at: <https://bootcamp.uxdesign.cc/the-state-of-nature-inspired-innovation-in-the-uk-186e10379ad3>.

19. Nature-inspired innovation policy: Biomimicry as a pathway to leverage biodiversity for economic development. Lebdioui, A. (2022). Ecological Economics, Volume 202, December 2022.

20. Exploring the way life Works. The Science of Biology. Hoaland, M.B., Dodson, B. & Hauck, J. (2001). Jones & Barlett Publ. Intnal, Canada. 376 pp.

Al aumentar la eficiencia y reducir costos, las soluciones bioinspiradas pueden permitirnos mejorar la productividad y la eficiencia, y en última instancia el nivel de vida, preservando además la biodiversidad. Esta afirmación se ve reflejada en la evolución del número de patentes bajo los términos de biomímesis, biónica y bioinspiración (Figura 5), tendencia similar a la que observamos analizando el número de publicaciones científicas, donde se observa un crecimiento intenso y mantenido (Tabla 1). Esta tendencia claramente al alza muestra que la disciplina y las aproximaciones bioinspiradas relacionadas se encuentran en un claro momento de madurez.

Figura. 5

Evolución del número de patentes bajo los términos de biomímesis, biónica y bioinspiración.

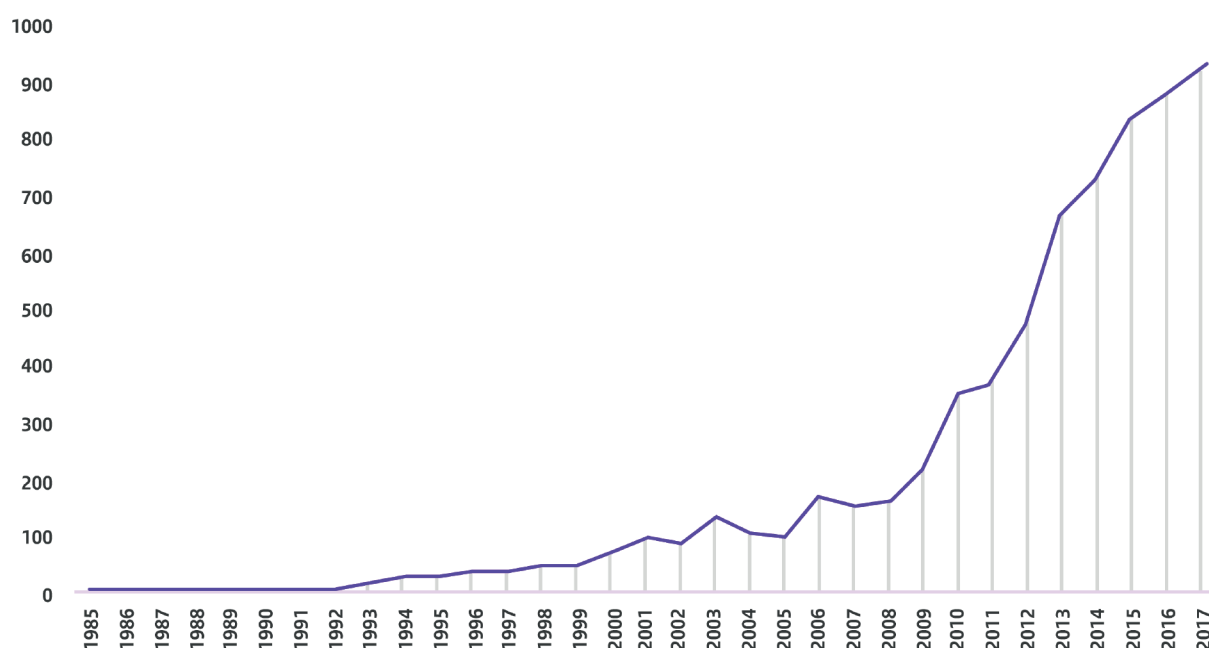


Figura 5. Helms, M. (2018). Deep Biologically Inspired Design: Overcoming Skepticism and Driving IP Creation. Available at: <https://patternfoxconsulting.com/bio-inspired-design-overcoming-skepticism/>.

Tabla. 1

Número de artículos de investigación biomimética recuperados en WOS (Web of Science).

	2017	2018	2019
Biomimicry	161	142	198
Biomimetic	3179	3554	3609
Biomimetics	1704	1771	1354
Biomimic	18	45	28
Bio-inspired	1483	1511	1616
Bioinspired	1081	1199	1414
Bionic	542	605	696
Nature-inspired	392	461	516
Biologically inspired	442	401	368
Bioinspiration	51	59	74
Bio-inspiration	36	33	35
Biomimicking	35	41	52
Subtotal	9124	9822	9960
Final number	6990	7504	7915

Nota: El número final es menor que el subtotal debido a los artículos duplicados se rastrea con diferentes palabras clave.

Un interesante estudio del Fermanian Business & Economic Institute (FBEI) de la Point Loma Nazarene University²¹ afirma que la influencia de la biomímesis y la bioinspiración en algunas grandes industrias podría generar un considerable impacto en el PIB y el empleo de EE. UU.: aproximadamente 425 mil millones de dólares para las próximas dos décadas (Figura 6).

Tabla 1. Biomimetics in 2019: Academic Progress Report. 2020. Available at: <https://www.isbe-online.org/?ui=english&mod=info&act=view&id=4046>.

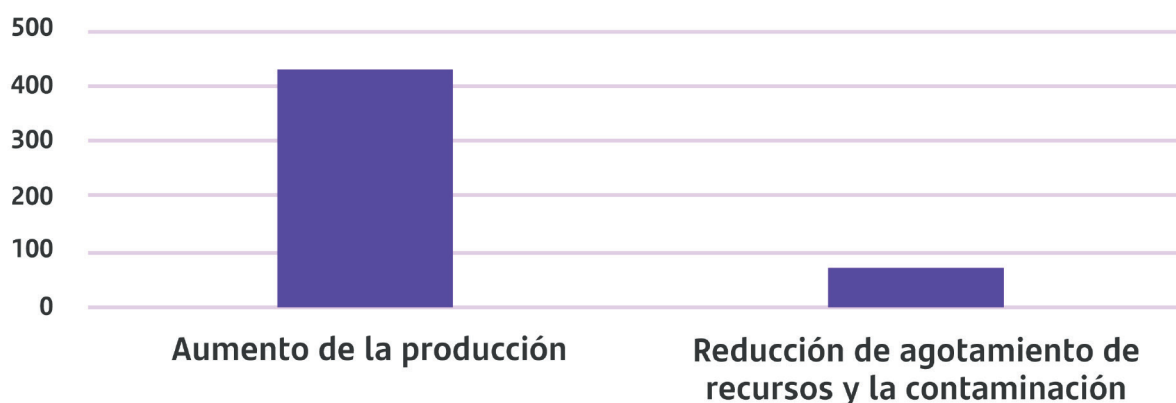
21. Bioinspiration: an economic progress report (2013). The San Diego Zoological Society, the Fermanian Business & Economic Institute, Point Loma Nazarene University. 44 pp.

Además, la reducción en las pérdidas económicas derivadas del agotamiento de los recursos naturales, energéticos, minerales y forestales y de la contaminación por CO₂ también sería relevante. Según un reciente estudio de Swiss Re publicado en abril de 2021²², el PIB mundial podría dejar de crecer entre un 4% (si se cumplen todos los objetivos marcados por los Acuerdos de París y el aumento de temperatura es menor a dos grados centígrados) y un 18% (con 3,2 grados más) de aquí a 2050 debido al cambio climático. Asumiendo una capacidad de la biomímesis para reducir estos costes en un discreto 10%, el valor agregado para el mundo entero estaría en los cientos de miles de millones de dólares. El número de puestos de trabajo vinculados a la disciplina podría ser sustancial, llegando a los 1,6 millones de trabajadores, según apunta el mismo informe del FBEI, que en algunos casos corresponderían a sustituciones de empleos ligados a productos y tecnologías más antiguas, pero en otros muchos corresponderían a mercados completamente nuevos.

El informe también apunta a que este impacto podría extenderse rápidamente a escala mundial, pues numerosas empresas en el Reino Unido, Europa continental, África y Australia ya están activas en el campo.

Figura. 6

Impacto estimado de la biomímesis en el PIB de EEUU para el 2030 según el FBEI (en miles de millones de dólares estadounidenses)



22. Swiss Re Group. World economy set to lose up to 18% GDP from climate change if no action taken, reveals Swiss Re Institute's stress-test analysis. 2021. Disponible en: <https://www.swissre.com/media/press-release/nr-20210422-economics-of-climate-change-risks.html>.

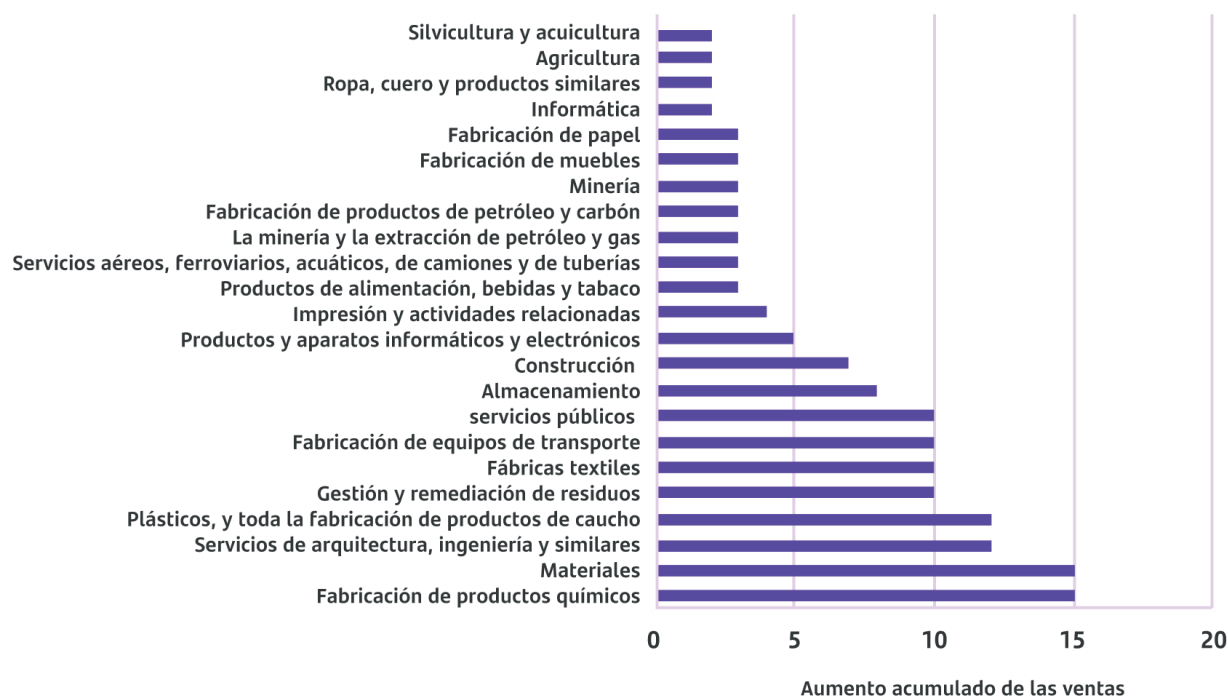
Figura 6. FBEI.

Asumiendo una participación del PIB de un 1% (inferior al 1,4% calculado para los EE. UU. y con menores proporciones para las naciones técnicamente menos avanzadas) la biomímesis podría agregar alrededor de 1,6 millones de millones de dólares a la producción total mundial para 2030²³.

Figura. 7

Estimación por sectores industriales del impacto en las ventas de productos y servicios biomiméticos en el mercado norteamericano según el FBEI.

La Bioinspiración influirá a muchas industrias en 2030. Porcentaje estimado de ventas industriales



23. Bioinspiration: an economic progress report (2013). The San Diego Zoological Society, the Fermanian Business & Economic Institute, Point Loma Nazarene University. 44 pp.

Figure 7: FBEI.

04

Casos de éxito y oportunidades

Sería prácticamente imposible tratar de abordar la totalidad o al menos un número significativo de casos de éxito ya operativos en el mercado de soluciones biomiméticas/bioinspiradas. El número de diseños crece a un ritmo vertiginoso, con ejemplos que abarcan desde la aplicabilidad más esencial en transporte, energía, construcción o la propia educación, pasando por otras más sofisticadas y complejas como son la robótica, la sensorización, la innovación en materiales, la óptica, la reordenación de estructuras, la física del color o la propia computación.

Con el ánimo de guiar la atención de cara a abrir el campo a nuevas innovaciones, se mencionan aquí algunas innovaciones ya en el mercado que son especialmente útiles para extraer (1) aprendizajes clave y (2) oportunidades señaladas para el avance de esta aproximación (ver Tabla 2).

Tren bala

El rediseño del tren bala Shinkansen de la serie 500^{24,25,26} de la empresa Japan Railway es un buen ejemplo de biomimética, empleado tanto en divulgación como en docencia, si bien detrás hay todo un estudio científico (y algo de suerte, también). Antes de que fuera rediseñado, la circulación del tren, a velocidades de hasta 321 km por hora, provocaba que la presión del aire se acumulara en los túneles, generando un estampido sónico cada vez que el tren salía de uno.

24. Zygote Quarterly Journal. Issue 2 (Spanish edition). Pag. 10-35. Retrieved August 30th, 2022 at: <https://zqjournal.org/editions/zq02ES.html>.

25. Benyus, J. M. 2009. Biomimicry in action. TEDGlobal, Oxford, England. Retrieved August 30th, 2022 at: https://www.ted.com/talks/janine_benyus_biomimicry_in_action?language=en.

26. Quirós, M (2014). La velocidad, el ruido y las aves. Retrieved August 30th, 2022: <https://natureinspireus.wordpress.com/2014/01/29/la-velocidad-el-ruido-y-las-aves/>.

Este fenómeno afectaba a las personas que vivían hasta a 25 km de distancia, por lo que durante un tiempo el proyecto no fue permitido por las autoridades niponas. Los ingenieros encargados de rediseñar la cabeza del tren no daban con la solución, hasta que Eiji Nakatsu, ingeniero jefe y ornitólogo aficionado, se inspiró en el pico del Martín pescador (*Alcedo atthis*), ave que se sumerge de cabeza en el agua, un medio más denso que el aire, sin salpicar, permitiéndole pescar con éxito (Figura 8). Tras el rediseño, el resultado fue no solo más silencioso que el modelo original, cumpliendo con el objetivo del proyecto, sino también un 10% más rápido ahorrando un 15% de electricidad. Hoy todos los “mal llamados” trenes pico de pato de alta velocidad siguen esta inspiración que data de los años 60.

Figura. 8

Efecto de la entrada de un medio aéreo a uno acuático y sus efectos en base al diseño de entrada. Ask Nature.

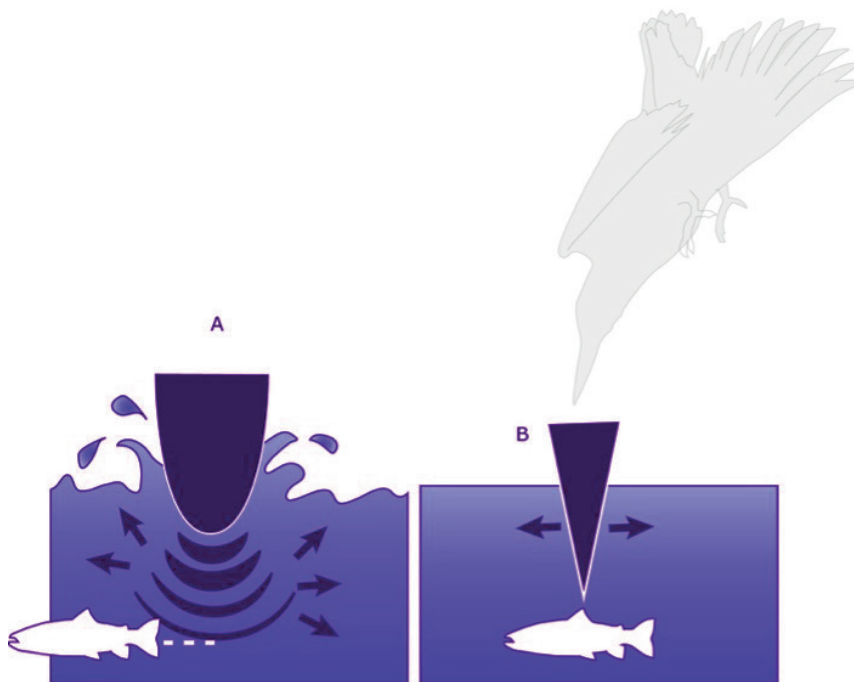


Figura 8. Asknature. (n.d.). <https://asknature.org>.

Gecko

El gecko se pega casi sin esfuerzo a cualquier superficie natural como rocas y ramas colgantes (e incluso a cristales con aceite cuando los científicos los ponen a prueba). Aunque ya el propio Aristóteles se preguntaba hace mas de 2.000 años sobre esta curiosa habilidad, hace tan solo apenas dos décadas cuando el investigador Kellar Autumn^{27,28,29} comenzó sus estudios, que han desembocado en varios cientos de trabajos publicados, varios millones de dólares en investigación y más de 100 patentes de productos y servicios. Los estudios y análisis de las nanoestructuras de geckos, salamanguetas y otros insectos revelaron una solución simple pero inesperada: la fuerza adhesiva de sus patas es proporcional a la dimensión lineal del contacto. Al subdividir las diminutas setas (parecidas a pelos) de sus dedos, el gecko logra maximizar la superficie de sus patas, lo que le permite agarrarse a casi cualquier superficie gracias a las fuerzas de Van der Waals, atracciones de corto alcance entre moléculas. Este principio ha revolucionado el diseño y la fabricación no solo de adhesivos industriales, sino también de adhesivos quirúrgicos empleados en la industria médica.

En la naturaleza encontramos otros casos interesantes de uso de adhesivos en animales marinos (pulpos, lapas, balanos, lampreas) o en el mundo vegetal. Bien conocidos son los casos del Velcro, inspirado en las semillas del cardo que quedaban enganchadas al pelaje del perro de su creador, o el reciente Purebond®, adhesivo para el sector de la madera sin componentes volátiles inspirado en moléculas del biso del mejillón (*Mytilus edulis*).

27. Autumn, K. et al (2000). Adhesive force of a single gecko foot-hair. *Nature*, 405(6787), 681-685.

28. ZQ Issue 17 Vol. 3. (2016). Retrieved September 1st, 2022 at: <https://issuu.com/eggermont/docs/zqissue17>.

29. Quirós, M (2014). Magia en los dedos del Gecko. Retrieved September 1st, 2022 at: <https://natureinspireus.wordpress.com/2014/07/16/magia-en-los-dedos-del-gecko/>.

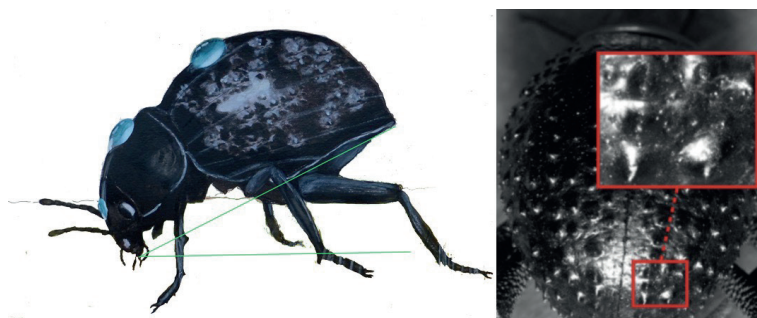
Superficies biomiméticas

Este campo, que no ha recibido aún demasiada atención, está adquiriendo relevancia reciente en investigación³⁰ aplicada a un amplio espectro de tecnologías. El concepto hace referencia a las arquitecturas nanométricas superficiales de diversos organismos, que cumplen funcionalidades remarcables y que su emulación ya está siendo empleada en la industria. Engloba, por mencionar algunas, al color estructural, el efecto Lotus, la super-hidrofobicidad o la capacidad resbaladiza, todas ellas con múltiples aplicaciones.

Hace algunos años, ingenieros alemanes descubrieron que la capacidad de repeler el agua de las hojas dependía de que la superficie foliar no era lisa, sino rugosa y cubierta de protuberancias. Este fenómeno, conocido como "efecto Lotus", ya se emplea como repelente de suciedad en edificios y textiles logrando un importante ahorro en agua y productos de limpieza. La super-hidrofobicidad también es común en plumajes y pelos de diversos animales, así como en insectos, como el escarabajo de Namibia (*Stenocara gracilipes*, Figura 9), que logra vivir en uno de los territorios mas secos del planeta y que ha inspirado el proyecto Sahara Forest Project³¹ que tiene como objetivo proporcionar agua dulce en ambientes desérticos.

Figura. 9

Stenocara gracilipes en posición inclinada para beber agua del rocío desértico gracias a sus exoestructuras superhidrofóbicas y superhidrofílicas.



30. Bulletproof feathers. How science uses nature's secrets to design cutting-edge technologies. (2010). Robert Allen Ed. The University of Chicago Press. 192 pp.

31. Biomimetic Science Institute. The Sahara Forest Project, an arid ecosystem. Recuperado el 19 de diciembre de 2019 en: <https://www.biomimeticsciences.org/es/en/2019/12/19/el-sahara-forest-project-un-ecosistema-arido/>

Figura 9: Dibujo de Luisa Nunes y foto de Thomas Nørgaard. Composición de M.Quirós.

Numerosos insectos, aves y otros organismos muestran colores vivos y brillantes con efectos ópticos singulares que consiguen mediante estructuras nanométricas superficiales muy sofisticadas que interfieren con la luz visible: es lo que conocemos como coloración estructural³², que podría revolucionar la coloración de vehículos, textiles e incluso la seguridad de monedas y billetes. La importancia de este tipo de innovación podría ser enorme en el sector textil, teniendo en cuenta el gran impacto negativo que el tinte textil tiene sobre los ecosistemas acuáticos. La transformación del actual sistema de pinturas y tintes basados en fluidos muy contaminantes por un modelo físico requiere aún no solo de imaginación sino de un empuje en la financiación de la investigación, pero el futuro es prometedor.

Para finalizar este apartado, se presenta otra innovación inspirada en las escamas de los tiburones, con extraordinarias propiedades hidrodinámicas pero que también desempeñan un papel fundamental en su alimentación y en la protección contra la depredación o la abrasión. La empresa *Sharklet technologies*³³ ha patentado una solución al problema de proliferación de cepas bacterianas resistentes a los antibióticos, emulando las características observadas en la piel de los tiburones que sin ser un pez rápido carece de crecimiento en su piel de crustáceos o balanos, que sí se hallan en otros organismos marinos. Sin el empleo de una química asociada, se ha comprobado que imitando estas estructuras a una escala de 2-3 micras la superficie de los utensilios médicos carece de patógenos.

Pax

Las espirales y los vórtices, su expresión tridimensional, son estructuras que se repiten una y otra vez en la naturaleza. Desde los poros de nuestra piel, las cornamentas de animales o las caracolas marinas hasta las espirales galácticas o las formas de los ciclones, todas ellas siguen estas formas y no es por casualidad. El propio Leonardo da Vinci en el siglo XV ya se cuestionaba el porqué de los remolinos de agua en los ríos. La *PAX Scientific*³⁴ es una empresa de investigación y desarrollo innovadora cuyo objetivo es crear productos que funcionen mejor al optimizar el movimiento fluido, con varios diseños para dispositivos y sistemas, incluidos ventiladores, mezcladores o purificadores de agua, entre otros.

32. Engineered Biomimicry. (2013). Lakhtakia, A. y Martín-Palma, R.J. Eds. Elsevier Publ. 465 pp.

33. Pax Scientific. (n.d.). <https://www.paxscientific.com>

34. Ibid

El producto más radical que ha captado la atención es el mezclador de agua *Lily impeller*³⁵, inspirado de las algas marinas que toman forma de espiral para manejar la fuerza del agua que fluye. Este mezclador utiliza 300 vatios de energía (apenas la necesaria en un par de bombillas) manteniendo en movimiento el agua en tanques de almacenamiento de hasta 40 millones de litros. El ahorro en energía y su consiguiente traducción en emisiones de gases de efecto invernadero es colosal, tras un ejercicio de observación y trabajo sobre cómo operan las geometrías naturales de flujo.

Interface floor

En el año 2.000, Interface, empresa líder en fabricación de moquetas, presentó su primer producto bioinspirado conocido como Entropy®, de la que ya hay incluso un caso de estudio para académicos e interesados³⁶. Este producto revolucionó el modo en el que fabricaban las moquetas con la utilización de losetas que imitan la aleatorización de colores y patrones que ocurre naturalmente en el suelo de un bosque. Paralelamente, TacTiles®, inspirado en los ya mencionados diminutos pelos de las patas de los geckos, se introdujo como una alternativa a los adhesivos de cola convencionales para unir las baldosas, reduciendo el uso de otros compuestos orgánicos volátiles. El ahorro en materiales, producción y mantenimiento, la supresión de sustancias tóxicas y la conversión del modelo de producto a servicios son solo algunos de los pasos que la empresa ha llevado adelante en creación de beneficio común, siendo un claro ejemplo inspirador de como la economía y la conservación de la naturaleza son compatibles.

Arquitectura biomimética

A medida que el entorno urbano evoluciona y se busca construir de un modo más eficiente y automatizado, la arquitectura y el urbanismo han de transformarse.

35. Treehugger. The Lily Impeller: Nature-Based Design Inspires Game-Changing Efficiencies. (2021). Recuperado en septiembre en: <https://www.treehugger.com/the-lily-impeller-nature-based-design-inspires-game-changing-efficiencies-4863361>

36. Biomimicry Institute. Biomimicry Case Study: Entropy®: Non-directional

Si bien ya tenemos desde hace tiempo algunos fantásticos ejemplos de arquitectura biomimética³⁷ como el conocido Bullit Center o el Harare, inspirado en los termiteros, recientemente un nuevo edificio en el desierto de Arizona, EE. UU. (la nueva Oficina de la Fiscalía del Condado de Pinal³⁸) ha ido más allá al mejorar el rendimiento y la eficiencia a través de la imitación del cactus saguaro (*Carnegiea gigantea*), con un presupuesto limitado. Emulando las paredes verticales del cactus (que le proporcionan un auto sombreado continuo y una redistribución del calor, evitando un sobrecalentamiento) mediante paneles acanalados que dividen la luz del sol en las áreas cambiantes, se logró que la carga de calor se redistribuyera y se generase un auto-sombreado. Aunque el panel de metal absorbe el calor, el sistema de la fachada “respira” permitiendo que el aire circule y refresque la estructura en su conjunto. Al hilo de las fachadas arquitectónicas merece mencionar también la existencia de un cristal bioinspirado en las telarañas, cuya estructura permite que sean vistas por las aves para evitar así que sean destruidas. Se llama comercialmente Ornilux, de la que también existe un caso de estudio³⁹.

Tabla. 2

Aprendizajes clave y oportunidades derivadas de los ejemplos analizados

Caso de Éxito	Aprendizajes clave	Oportunidades
Tren bala	El enfoque multidisciplinar es condición necesaria para la innovación bioinspirada.	La definición de problemas específicos desde las externalidades negativas de los productos/servicios existentes pueden encontrar soluciones disruptivas e inesperadas.

37. Biomimicry: an inspired way to regenerative design in cities based on nature. Quirós, M. (2019). En Libro Multifunctional Urban Green Infrastructure. Pp 79-92. Chapter 5. Recuperado en: <https://natureinspireus.com/wp-content/uploads/2019/03/aa.pdf>

38. Urbanland. Using Biomimicry to Design Smart Buildings. (2022). Recuperado 22 de Agosto 2022 en: <https://urbanland.uli.org/planning-design/using-biomimicry-to-design-smart-buildings/>

39. Biomimicry Institute. Biomimicry Case Study: Ornilux®: Bird Protection Glass. Recuperado en marzo de 2016 en: http://toolbox.biomimicry.org/wp-content/uploads/2016/03/CS_Ornilux_TBI_Toolbox-2.pdf

Gecko	Antes que pensar en soluciones, la analogía entre los retos a los que se enfrenta el reino animal y los retos a los que se enfrenta el ser humano (en este caso, la necesidad de emplear adhesivos) es el primer paso necesario para la identificación de posibles soluciones bioinspiradas.	El desarrollo de herramientas de medición e imagen (que permiten el estudio de estructuras nanométricas) tiene especial potencial de innovación.
Superficies biomiméticas	Implementar de manera tangible el catálogo de potenciales aplicabilidades que viene del uso de la lente de biomímesis requiere no solo financiación si no también la creación de espacios de colaboración entre científicos, empresarios, ingenieros y diseñadores mucho más estrechos que los actuales.	Más allá del esquema problema-solución concreto, hay un campo previo de importante potencial en la investigación de tecnologías: mejora e innovación en materiales y superficies de aplicaciones todavía por especificar.
PAX	Los patrones repetidos en la naturaleza pueden señalar soluciones aplicables al ámbito tecnológico que impliquen particulares ganancias de eficiencia.	El ahorro energético derivado del empleo de formas que se repiten en la naturaleza tiene un gran potencial para contribuir a afrontar la transición energética y la consiguiente reducción de Gases de Efecto Invernadero (GEI).

Interface Floor	La biomímesis puede ser un aliado clave para compatibilizar objetivos económicos y medioambientales.	La innovación no solo en productos o servicios, si no en el propio modelo de negocio tiene un gran potencial para contribuir a la creación de beneficio común.
Arquitectura biomimética	Las formas en la naturaleza determinan una función concreta que resuelve el reto al que el organismo se ve sometido en el contexto donde se aloja. Por ello, emplear modelos naturales que se encuentran en entornos similares como guía puede conducir a diseños eficaces.	La bioinspiración es una fuente de considerable potencial para apuntalar la relación más simbiótica y sostenible entre el entorno construido y el naturalmente preexistente.

No deberíamos cerrar este apartado sin hacer una mención a aquellas innovaciones que, pese a resultar interesantes y deslumbrantes el mercado, por numerosos y complejos motivos no han logrado permanecer en él. Por ejemplo, el lector electrónico Mirasol Qualcomm^{40,41} que permitía leer un dispositivo electrónico a plena luz del día inspirándose en el color estructural ya mencionado en esta publicación. El segundo caso, frecuentemente utilizado como ejemplo en divulgación y academia, es WhalePower⁴², empresa que inspirada en las aletas de las ballenas mejoraba la eficiencia de los aerogeneradores al reducir el volumen de viento requerido, así como la energía acumulada resultante.

40. Retrieved March 2011 at: <https://asknature.org/mirasol-e-reader/>.

41. Retrieved November 2011 at: <https://www.zdnet.com/article/qa-how-biomimicry-succeeds-and-fails-according-to-chris-garvin-terrapin-bright-green/>.

42. <https://whalepowercorp.wordpress.com>.

05

Poniendo el foco: frentes con mayor potencial en esta década

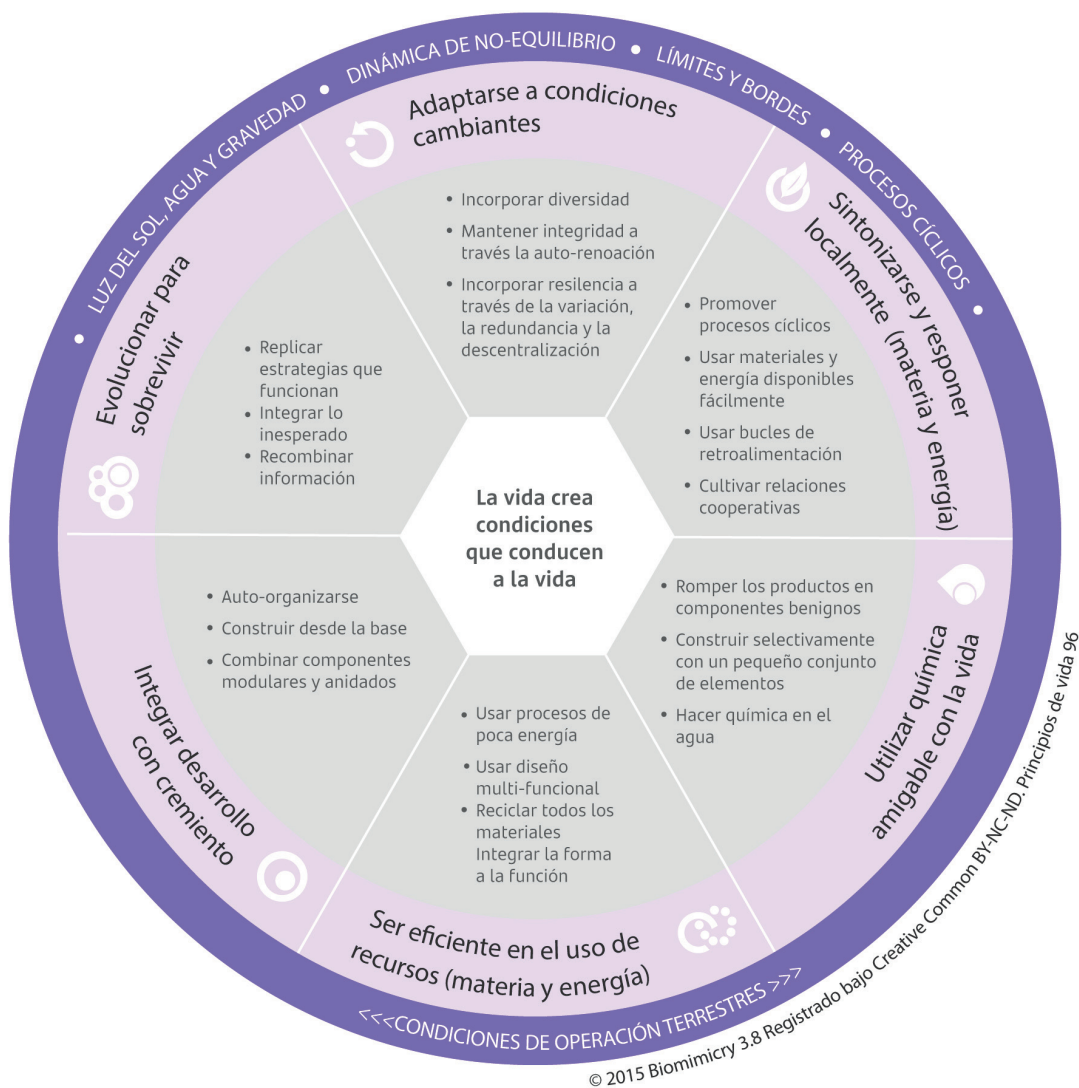
¿Cómo podemos construir estructuras más eficientes utilizando materiales no tóxicos en arquitectura? ¿Cómo podemos producir residuo cero? ¿Cómo se gestionará el tratamiento del agua y las captaciones naturales? ¿Cómo se puede producir, almacenar y distribuir energía desde una ciudad? ¿Cómo pueden los edificios ser colaborativos con las estructuras de la ciudad circundante? Uno de los procesos mas interesantes de la biomímesis es que abre las puertas a aprender de la naturaleza y sus estrategias de supervivencia y prosperidad. La naturaleza ha resuelto la mayoría de las preguntas anteriores (y muchas más) y sin duda puede guiar, desde una perspectiva sistémica, la búsqueda de soluciones innovadoras a estos y otros retos.

Los organismos vivos son verdaderos ingenieros, arquitectos, técnicos y maestros que muestran lo que funciona y lo que perdura. Sus estrategias se compilan y resumen bajo varias terminologías diferentes según las instituciones que las proponen, como Biomimicry 3.8, el Biomimicry Institute o la Universidad de Delft. En el siguiente cuadro diseñado por Biomimicry 3.8 se recogen sus Principios de Vida (Figura 10), la mayoría aplicables a cualquier sector industrial. No en vano, el diagrama representa las estrategias de cerca de 30 millones de especies que han evolucionado durante 3.800 millones de años.



Figura. 10

Los Principios de Vida⁴³ según el Biomimicry Institute de EEUU.



43. Baumeister, D. et al. (2012). Biomimicry Resource Handbook: A Seed Bank of Best Practices. Missoula, Biomimicry 3.8. p. 326.

Figura 10. © Biomimicry 3.8 (2013). Licencia bajo Creative Commons BY-NC-ND.

Biomateriales: la revolución que llega. La biología, al igual que la tecnología, requiere materiales para desarrollar sus estructuras, donde lo económico y fiable son valores compartidos. El diseño de biomateriales con características de biodegradabilidad, con base acuosa, fabricados con recursos locales abundantes, con funcionalidades más allá de la protección del interior del producto para todo tipo de industrias del "packaging" en un sentido amplio del término (moda, alimentación, embalaje-transporte, etc.) es ya sin duda una realidad, aún minúscula, pero con un enorme potencial.

La robótica al servicio de las personas. No hay nada más biomimético que un robot. La robótica asistencial bioinspirada, en un mundo que envejece y que también sufre frecuentes desastres naturales derivados de la alteración climática, va a representar un cambio en los modelos de asistencia sanitaria y humanitaria. Los avances en la tecnología de la computación, los materiales y la sensorización van a ser de gran ayuda. Por ejemplo, los músculos artificiales o los polímeros electroactivos, la inteligencia artificial, las imágenes a tiempo real, el reconocimiento del habla o la movilidad todo-terreno, entre otros, son algunos de los campos que presentan un enorme potencial.

La economía circular al servicio de la eficiencia. Terminar con la cultura de fabricar, usar y tirar, un modelo lineal aún existente y dominante pero obsoleto, requiere de enormes apoyos de financiación y tecnológicos para la transformación de un sistema anclado en el b.a.u. (business as usual, por sus siglas en inglés). La economía circular tiene todo que aprender de la naturaleza.

Colaboración para la innovación social. El comportamiento colaborativo que se encuentra en numerosos insectos sociales, aves, peces y mamíferos es en numerosas ocasiones muestra de éxito a la hora de responder a importantes retos. Así, por ejemplo, la sensorización distribuida, la inteligencia en enjambre, los sistemas de control en el vuelo masivo de aves/insectos-plaga o en cardúmenes de peces, así como la gestión de los flujos de información en los bosques entre raíces y micelio fúngico, pueden relacionarse directamente con la innovación social, donde se elimina el concepto de dominio y la inteligencia del grupo prevalece sobre el individuo. Estas relaciones descentralizadas pero interdependientes exigen una evolución en el liderazgo de equipos de trabajo ante retos globales que exigirán equipos multidisciplinares.

Terminar con la cultura de fabricar, usar y tirar, un modelo lineal aún existente y dominante pero obsoleto, requiere de enormes apoyos de financiación y tecnológicos para la transformación de un sistema anclado en el b.a.u. (business as usual, por sus siglas en inglés). La economía circular tiene todo que aprender de la naturaleza.

In focus

La importancia de la financiación

Para que todo lo anterior sea posible, la transformación del sector financiero será instrumental para la innovación biomimética, pues un cambio en los flujos de inversión puede contribuir activamente a la transición hacia una economía regenerativa⁴⁴. En este sentido, el emergente *Ethical Biomimicry Finance*⁴⁵ propone una metodología para considerar la naturaleza en el centro de las decisiones de inversión. En la misma línea, el prestigioso *Cambridge Institute for Sustainability Leadership*⁴⁶ ha publicado el marco conceptual de los Límites Planetarios, cuya incorporación a la toma de decisiones empresariales pretende ayudar a las empresas a entender las consecuencias de su impacto ambiental y al mismo tiempo proporciona una nueva perspectiva crítica sobre cómo abordar ese impacto. También la Alianza Financiera del Capital Natural⁴⁷, el grupo de trabajo sobre información financiera relacionada con la naturaleza⁴⁸ o La Coalición para la Inversión Privada en Conservación⁴⁹ están liderando este cambio en la inversión.

44. Henderson, H. (2014). Mapping the global transition to the solar age. ICAEW. Tomorrow's Company. Disponible en: <https://www.icaew.com/-/media/corporate/files/technical/sustainability/tecpln12453-solarage-web.ashx>.

45. Ethical Biomimicry Finance. (s.f.). Disponible en: <http://www.ethicalbiomimicryfinance.com/index.html>.

46. Cisl (2019). Linking planetary boundaries to business: Part of Kering's series on planetary boundaries for business. Disponible en: <https://www.cisl.cam.ac.uk/resources/natural-resource-security-publications/linking-planetary-boundaries-to-business-part-of-kerings-series-on-planetary-boundaries-for-business>.

47. Natural Capital Finance Alliance. Disponible en: <https://naturalcapital.finance/>.

48. Taskforce on Nature-Related Financial Disclosures. Disponible en: <https://tnfd.global/>.

49. The Coalition for Private Investment in Conservation. Disponible en: <http://cpicfinance.com/>.

06

Conclusión

El sector privado y la sociedad en su conjunto pueden sin duda aprender de los organismos y sistemas vivos gracias al refinamiento de la evolución, que muestra el camino a seguir para alcanzar un elevado nivel de eficiencia. Sectores como el energético, el de los materiales, la arquitectura, la gestión agrícola, el médico, la movilidad, la robótica o la propia educación van a ser objeto de interés en la inversión innovadora biomimética en los próximos años. Se podría afirmar que no existe prácticamente ningún nicho industrial donde la naturaleza no pueda contribuir a la mejora de los procesos y sistemas. ¿Cómo podemos acelerar esta transformación? Estimulando la innovación y reconociendo que estamos rodeados de naturaleza por explorar. El futuro está esperando soluciones de diseño sorprendentes que apunten al optimismo.

Autor

Manuel Quirós

Doctor en Biología; profesor a tiempo parcial en el Instituto de Empresa; la Cátedra de la Unesco de la Universidad del País Vasco; la Universidad de Navarra y ESIC University

Imparte asignaturas de biomimésis, sostenibilidad y regeneración, biodiversidad y conservación, innovación disruptivas bioinspirada y RSC/ASG. Es cofundador de la Biomimicry Iberia Association y de la Red Internacional de Estudios en Biomimésis.

esade

Santander X Innovation
Xperts

www.santander.com/santander-x-innovation-xperts-en

By  Santander