

La biomimética y su influencia en el diseño de productos Una breve cronología y el estado del arte

Rodolfo Nucci Porsani ⁽¹⁾, Felipe Pereira Raposo ⁽²⁾,
Larissa Raquel Ferro-Marques ⁽³⁾, Nathan Martins Fernandes ⁽⁴⁾
y André Leonardo Demaison ⁽⁵⁾

Resumen: Este artículo es un estudio diacrónico que pretende, a través de una revisión bibliográfica, presentar y aclarar conceptos y nomenclaturas, estudios de caso y el estado del arte de la interrelación entre los recursos naturales, disponibles en el medio ambiente, y las disciplinas proyectuales como el Diseño. También pretende aclarar la biotécnica como campo de inspiración y como herramienta para nuevos proyectos y rediseño de productos.

El hombre, durante su evolución, ha estado siempre en contacto con la naturaleza y sus recursos, apropiándose, inspirándose y mejorando lo que se le ofrecía. Desde el surgimiento de las herramientas prehistóricas, pasando por la evolución de las sociedades, culturas, artefactos y tecnologías hasta la era contemporánea, se desarrollaron varios productos basados en la naturaleza que aseguraron la supervivencia de los seres humanos hasta nuestros días. En este contexto de diversos objetos, sistemas, ambientes y sus propiedades materiales, fisicoquímicas, estructurales, funcionales y formales, es posible observar que varias características se basaron e inspiraron en los recursos naturales.

Ejemplificando importantes casos de estudio desde Leonardo da Vinci hasta los más recientes descubrimientos en el campo del diseño de producto, este trabajo busca reiterar la importancia de la relación entre Diseño, Biología, Bioinspiración y Biomímesis, en la formación curricular de los estudiantes de diseño, y en la práctica profesional de desarrollo de productos.

A través de una revisión bibliográfica, se buscó desarrollar un estudio diacrónico que demuestre una línea de tiempo y el estado del arte de la relación entre naturaleza y diseño, y que además permita comprender la biónica como campo de referencia y como herramienta para nuevos proyectos y rediseño de productos. De esta manera, se ejemplifican productos de diversas complejidades, desde ropa y objetos cotidianos hasta autos de carreras de alta tecnología, con el fin de posibilitar la comprensión de la biomimética como elemento diferenciador para el diseño.

El estudio aporta luz al debate y la reflexión sobre aspectos importantes que involucran la enseñanza, el aprendizaje, la investigación y la exploración multidisciplinar, que pueden servir de estímulo para el desarrollo de productos innovadores y sostenibles. Los métodos, procesos, materiales, herramientas creativas y técnicas de observación inspiradas en la biónica pueden ser el camino hacia la innovación, la sostenibilidad y el equilibrio en un nuevo contexto de un mundo globalizado.

Palabras clave: Diseño - Bioinspiración - Bioaprendizaje - Bio-Design - Bionica - Biometría - Métodos - Procesos y Materiales - Innovación - Enseñanza

[Resúmenes en inglés y en portugués en las páginas 221-222]

⁽¹⁾ **Rodolfo Nucci Porsani** es Doctorando en el PPGDesign de la UNESP Bauru, Master en el mismo programa, con énfasis en Ergonomía de Producto, tiene experiencia en el área de Diseño, Diseño Industrial, Diseño Centrado en el Usuario, Experiencia de Usuario, Diseño Emocional, Diseño de Producto, Tecnología Asistencial, Prototipado Rápido y tecnologías de RV. Graduada en 2017 por la UNESP- Diseño de Producto. ORCID: 0000-0003-3013-6665 / ID Lattes: 1925129626898697. lattes.cnpq.br/1925129626898697 / rodolfo.n.porsani@unesp.br

⁽²⁾ **Felipe Pereira Raposo** es Estudiante de Diseño en la Universidad Federal de Maranhão (UFMA), con énfasis en Diseño Gráfico y Diseño de Producto. Tiene experiencia en las áreas de diseño de ambientes, diseño de mobiliario, experiencia de usuario, diseño emocional e identidad visual. Actualmente, trabaja como investigador voluntario en Fabrique - Núcleo de Prototipagem e Design (FABRIQUE/UFMA), donde desarrolla estudios en las áreas de Diseño Emocional, Ergodiseño y Prototipado Rápido. ORCID: 0000-0002-7421-2634. / ID Lattes: 5839296161228226. lattes.cnpq.br/5839296161228226 / eufelipelee@gmail.com

⁽³⁾ **Larissa Raquel Ferro Marques** es Doctoranda en Diseño en el Programa de Posgrado en Diseño de la UNESP Bauru, Master por el mismo programa (2022), con énfasis en Ergonomía, tiene experiencia en el área de Diseño, Experiencia de Usuario, Ergonomía, Diseño Emocional, Diseño de Producto. Graduada en Diseño por la UFMA en Diseño Gráfico y Diseño de Producto (2019). ORCID: 0000-0003-4415-7862 / ID Lattes: 5173046952403421. lattes.cnpq.br/5173046952403421 / larissa.ferro@unesp.br

⁽⁴⁾ **Nathan Martins Fernandes** es Doctorando en el PPGDesign de la UNESP Bauru, Master en el mismo programa, con énfasis en Ergonomía de Producto, tiene experiencia en Diseño, Experiencia de Usuario, Diseño Emocional, Innovación, Graduado en Diseño en la UFMA, Graduado en Comunicación Social - Publicidad en Estácio. ORCID: 0000-0003-0093-6653 / ID Lattes: 0079353928284855. lattes.cnpq.br/0079353928284855 / nathan.martins@unesp.br

⁽⁵⁾ **André Leonardo Demaison** es Licenciado en Diseño Industrial con énfasis en Diseño de Producto por la Pontificia Universidad Católica de Río de Janeiro (PUC-Rio), Máster en Diseño también por la PUC-Rio, Especialista en Ergonomía por la Universidad Federal de Maranhão (UFMA) y Doctor en Diseño por la Universidad Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP). Actualmente enseña en el curso de Diseño de la Universidad Federal de Maranhão y es también el coordinador de Fabrique - Núcleo de Prototipagem

e Design da UFMA.  ORCID: 0000-0003-3629-3477 / ID Lattes: 9415294331896451. lattes.cnpq.br/9415294331896451 / demaison@gmail.com

Introducción

Durante el proceso de desarrollo de un nuevo producto, los diseñadores y otros profesionales responsables del progreso del proyecto siempre tienen que lidiar con la tensión de resolver un problema para el que el producto está destinado. Para ello, recurren a diversas metodologías de búsqueda de inspiración. Sin embargo, incluso antes de que existieran las profesiones del diseño, el ser humano buscaba empíricamente la inspiración en elementos, formas, texturas, colores y funciones que se encontraban en la naturaleza.

Tales inspiraciones, basadas en los recursos naturales disponibles en el medio ambiente, fueron fundamentales para la evolución humana, su adaptación al medio, su supervivencia y evolución histórica (Silva Neto, 2018). Fue a través de la observación, el dominio y la réplica de las formas, los materiales y las funciones que los hombres prehistóricos desarrollaron sus artefactos.

Se pueden observar informes de ideas bioinspiradas desde el período de la piedra astillada, en el que los humanos construían cuchillos de piedra y hueso o lanzas y arcos basados en dientes y colmillos que ayudaban en la caza de animales más grandes, o en el tratamiento de pieles y cueros para fabricar la ropa necesaria en climas fríos. Las ideas naturales también se observan en la producción de artefactos para recolectar y almacenar recursos, como ollas, cestas y calabazas, y en el desarrollo de herramientas agrícolas, que permitieron el cultivo de alimentos y la migración del nomadismo a la formación de civilizaciones sedentarias (fijas en el suelo).

La capacidad de observación y aprendizaje y la transmisión de los conocimientos adquiridos fue lo que permitió la evolución de la raza humana (Dobzhansky, 1956). El ser humano evolucionó desde la piedra astillada hasta la piedra pulida, pasando por la edad de los metales, la edad antigua, la edad media, la edad moderna y luego la edad contemporánea, con el dominio de la tierra y el fuego, la creación de la rueda y la pólvora, hasta la ciencia y la era espacial. Esta trayectoria de evolución a lo largo de miles de años sólo fue posible gracias al aprendizaje del hombre de su entorno.

Teniendo en cuenta los antecedentes históricos, este trabajo pretende, mediante una revisión bibliográfica, desarrollar un estudio diacrónico que muestre una breve línea de tiempo y el estado del arte de la relación entre naturaleza y diseño, además de permitir la comprensión de la biotécnica como campo de referencia y como herramienta para nuevos proyectos y rediseño de productos. De este modo, se ejemplificarán conceptos teóricos, metodologías y enfoques para el desarrollo de productos de diversas complejidades tecnológicas, con el fin de permitir la comprensión de la biotécnica como elemento de diferenciación para el diseño.

La naturaleza en observación

El ser humano, a lo largo de su evolución, siempre ha estado en contacto con la naturaleza y sus recursos, apropiándose, inspirándose y desarrollando lo que se le proporcionaba para ayudarlo a realizar sus tareas diarias. De esta interacción surgieron herramientas que contribuyeron a la evolución de las sociedades, las culturas, los artefactos y las tecnologías, donde varios productos que aseguraron la supervivencia del ser humano hasta hoy fueron diseñados inspirados en elementos de la naturaleza.

Tal idea es apoyada por Soares y Arruda (2018, p. 10), cuando afirman que en el curso de la historia de la humanidad se verifica la aplicación de tales soluciones, basadas en la naturaleza, en diferentes períodos y áreas. Para los autores, las soluciones históricas “en la ciencia, la tecnología, la arquitectura, el arte, el diseño, la ingeniería, la medicina y otras más” han surgido y surgen cada día. Por lo tanto, de estas inspiraciones en la naturaleza se derivan diversos inventos e innovaciones.

Soares y Arruda (2018, p. 9) afirman además que “observando cómo opera la naturaleza en la creación de sus especies, se puede transponer este mismo método en el desarrollo de productos, construcciones o sistemas artificiales”. Los autores añaden que, dentro de este campo, la biomimesis busca, mediante la observación de los seres vivos mejor adaptados, soluciones y características más eficientes y eficaces para los nuevos proyectos, imitando mediante la analogía “características estructurales, formales, funcionales o de interpretación abstracta de la naturaleza para su aplicación en artefactos artificiales”. En este contexto de variedad de objetos, sistemas, entornos y sus propiedades materiales, fisicoquímicas, estructurales, funcionales y formales, es posible observar que varias características se basaron e inspiraron en los recursos naturales.

Terminologías

Antes de abordar la línea de tiempo con estudios de casos sobre el tema, son necesarias algunas explicaciones sobre la terminología de las biotécnicas, los métodos, las definiciones, sus características y enfoques. Esta aclaración es importante porque hay otros términos que también correlacionan aspectos de la naturaleza y posteriores creaciones humanas. Las más comunes (Biónica, Biodiseño y Biomimética) pueden confundirse fácilmente, pero a pesar de las similitudes en sus orígenes, conceptos y métodos de investigación, existen diferencias.

- **Biotécnica**

Según Fernandes (2012), estas terminologías antes mencionadas derivan del término Biotécnica, descrito inicialmente como referencia en el libro “Nature’s teaching’s: Human Invention Participated by Nature” (La enseñanza de la naturaleza: la invención humana participada por la naturaleza) de autoría del reverendo John George Wood, fechado en 1877 y posteriormente rescatado por Raúl Francé en “*Die Planze als Erfinder*” (Las plantas

como inventoras) de 1920. De esta terminología se derivó posteriormente la palabra “Biónica”, compuesta por “Bio” (vida) y “onics” de “technologics” (tecnología).

- **Biónica**

Para una mejor comprensión del área, es importante plantear diferentes definiciones, de otros autores, para conceptualizar la palabra Biónica. En este sentido, se abordarán aquí algunas líneas de pensamiento. Según Maraldi (1963), la biónica propone estudiar y comprender las estructuras, mecanismos y funciones de las plantas, los animales y el hombre, con el fin de desarrollar nuevas aplicaciones para diversos mecanismos y dispositivos. Otro autor que abordó el tema fue Gerardin (1968, p. 11), que define la biónica como “el arte de aplicar el conocimiento que se posee de los seres vivos a la resolución de problemas técnicos”. A su vez, Papanek (1973) afirma que es un campo de la ciencia que investiga y emplea modelos biológicos para la producción de sistemas sintéticos hechos por el hombre. Esta idea es complementada por Bonsiepe (1975), al afirmar que el área estudia el sistema vivo y aplica sus principios, técnicas y mecanismos en la tecnología por medio de la analogía. Por último, Broeck (1989) afirma que la biónica tiene potencial para aplicarse al diseño industrial, siendo coherente con las actividades del proyecto.

- **Conceptos y definiciones de biodiseño**

El término Biodiseño es definido por Broeck (1989) como el estudio de los sistemas y organismos naturales, con el fin de analizar y percibir soluciones de tipo funcional, estructural y formal para su aplicación en la resolución de problemas humanos, a través de creaciones tecnológicas, objetos o sistemas de objetos. Según el autor, la biónica es al diseño industrial lo que el biodiseño es al diseño.

Arruda (1993, *apud* Soares y Arruda, 2018) presenta de forma resumida las dos actividades fundamentales del Biodiseño como procedimiento metodológico. Lo son:

1. **Investiga** y experimenta observando los fenómenos naturales. La idea fundamental es crear una base de datos capaz de alimentar el proyecto, las soluciones y los aspectos metodológicos;
2. **Busque** soluciones específicas para proyectos concretos. Esto requiere un conocimiento previo de la zona (basado en bases de datos), de los principios que determinan las formas en la naturaleza y una metodología de aproximación/analogía de los fenómenos naturales.

Por tanto, se entiende que la Biónica y el Biodiseño investigan bases y principios de la naturaleza para su posterior aplicación en soluciones tecnológicas interdisciplinarias, combinando la Biología y otras áreas. De estas combinaciones derivan también otras terminologías, como Biomecánica, Bioingeniería, Bioelectrónica, Bioarquitectura y Biomaterial, entre otras.

- **Biomimética: conceitos e definições**

Finalmente, la palabra Biomimética apareció con Schmitt (1969), también definida por Benyus (1997) como la nueva ciencia dedicada a los estudios de los modelos de la naturaleza, que luego sirven de inspiración en los procesos para resolver los problemas humanos, de los cuales las soluciones se basan en la naturaleza como modelo, medida y mentor, principios descritos en la secuencia.

El autor conceptualiza el principio de la naturaleza como un modelo basado en la idea de que sirve de inspiración y mimesis (copia/imitación) para posibles soluciones en aplicaciones prácticas. Según Benyus (2006), a partir de esto se pueden crear condiciones propicias para la vida, lo que contribuye a la afirmación de Baumeister (2013) en la que el biomimetismo es aprender a través de la naturaleza y luego emular las formas, procesos y ecosistemas naturales para crear proyectos sostenibles.

La biomímesis utiliza el principio de la naturaleza como medida, basándose en 3.800 millones de años de evolución para evaluar lo que se crea, abordando una visión del patrón ecológico para que sirva de parámetros y normas para las innovaciones. Por último, la naturaleza como mentora ofrece una nueva forma de observar y valorar la naturaleza, con el objetivo de aprender de lo que ofrece y no sólo de imitar o extraer de ella lo que conviene. Por lo tanto, apunta a una dimensión más amplia de la adquisición de conocimientos e información.

Tipos de analogías

Observando estos principios, uno de los métodos más utilizados por los llamados Biotécnicos es el proceso de Analogía, que puede clasificarse en varios tipos y, a pesar de las diferencias, todos tienen en común su base en la naturaleza como inspiración. La analogía es una técnica que proporciona, mediante la aproximación, la observación y la repetición, la posibilidad de alcanzar soluciones creativas a las demandas humanas.

En este sentido, Gordon (1961) presenta la clasificación de cuatro tipos de analogías. Lo son: Directo, Personal, Simbólico y Fantástico. Para el autor, la Analogía Directa se produce con la comparación verdadera y directa de hechos, conocimientos, objetos, organismos, que tienen algún grado de similitud entre sí. La analogía personal se produce cuando hay una personificación inmersiva en el problema, en la que se produce una fusión imaginaria entre la persona (diseñador) y el objeto o la situación, lo que permite una percepción holística. En la Analogía Simbólica se selecciona una palabra clave y se pregunta cuál es su esencia, para luego experimentar o sentir los significados descubiertos. También utiliza imágenes objetivas e impersonales para describir el problema mediante una respuesta poética. Una vez creada, es un torrente de asociaciones. Por último, la Analogía Fantástica, que parte de un problema concreto, pero alivia el pensamiento racional-lógico y permite la conducción de ideas y soluciones imaginarias, imposibles de ocurrir en el mundo real. Siguiendo con la Categorización de las Analogías relacionadas con la Biomimética, Arruda (2002) relaciona cuatro conceptos de analogías propuestos por Steadman (1988) (Orgánica, Clasificatoria, Anatómica y Darwiniana) y propone también un nuevo concepto, el de Analogía Sensorial.

Según Steadman (1988), la Analogía Orgánica pretende lograr un equilibrio entre los organismos humanos, las obras de arte y los sistemas mecánicos; la Analogía Clasificatoria observa en la botánica y la zoología los métodos y procesos establecidos capaces de aplicarse en los campos del Arte, la Arquitectura y el Diseño; la Analogía Anatómica presenta un enfoque sistemático que se centra en los estudios en el campo de la anatomía y sus estructuras musculoesqueléticas para el desarrollo de estructuras aplicables a la ingeniería; y por último, la Analogía Darwiniana pretende, a través de los conceptos de Darwin, especialmente el de Evolución Natural, explicar cómo los objetos y las construcciones se replican y repiten a lo largo del tiempo y, por tanto, evolucionan de forma natural.

A su vez, Arruda (2002) propone el término Analogía Sensorial, donde se estudian los sistemas de control, comunicación y transmisión de información individual y colectiva entre los organismos vivos. Estos estudios pueden servir de base de diseño para la transposición/creación de modelos electrónicos y mecánicos más eficaces, eficientes y efectivos, reduciendo los residuos y optimizando al máximo sus resultados.

Principios de la vida

Según Rattes, Queiroz y Barbosa (2017), en 2004, surgieron una serie de principios para la mejora de los procesos en áreas de la actividad humana, denominados “principios de la vida”, posteriormente refinados, en 2011, por el Grupo de Biomimesis 3.8. Hay, en total, seis principios:

1. **Evolucionar** para sobrevivir: incluye estrategias de gestión de la información, identificación de enfoques exitosos y errores; integración de soluciones y enfoques alternativos al mismo problema con el fin de crear nuevas soluciones.
2. **Ser eficientes** (en cuanto a materiales y energía): integrar las múltiples necesidades en las soluciones, evitar los residuos; minimizar el consumo de energía y recursos; buscar fuentes renovables; gestionar y planificar el ciclo de vida de los productos.
3. **Adaptación** a las condiciones cambiantes: incluye soluciones para reparar/reparar y mejorar el rendimiento del sistema, incorporando estudios de procesos, funciones y formas de proporcionar un mejor funcionamiento.
4. **Integrar** el conocimiento y el crecimiento: combinar elementos y sistemas modulares; comprender el funcionamiento del conjunto y de las partes del sistema; crear condiciones para que los componentes interactúen propiciando la autoorganización.
5. **Ser consciente** y responder a los problemas locales: utilizar materiales de fácil acceso (locales y energéticos); fomentar los procesos de cooperación; aprovechar los fenómenos locales que se repiten (clima, ciclos, etc.); incluir el flujo cíclico de información.
6. **Utilizar** una química respetuosa con la vida: gestionar y reducir el uso y el consumo de elementos químicos; utilizar una química respetuosa con la vida / evitar productos tóxicos; utilizar el agua como disolvente y de forma responsable.