

PAPER

BIOMIMÉTICA PROYECTUAL; ¿CÓMO TRANSFERIR FUNCIONES BIOLÓGICAS A PRODUCTOS INDUSTRIALES?

**FERNÁNDEZ LAFFONT, Luciana; MIRALLES, Mónica Teresita;
MARIÑO, Mario**

mmiralles@gmail.com

Centro de Investigaciones en Diseño Industrial (CIDI), FADU, UBA/
Laboratorio de Biomecánica e Ingeniería para la Salud (LaBIS), Facultad
de Ingeniería y Ciencias Agrarias, UCA

Resumen

La voluntad de investigar y teorizar acerca de la relación entre la biomimética y la labor proyectual en el área del diseño industrial se traduce, en el presente trabajo, como “biomimética proyectual”.

Se trata de indagar en el campo conceptual de la biomimética para rescatar todo aquello que aporte a la construcción de un marco teórico pertinente, para el enriquecimiento de la cotidiana tarea del diseñar, como así también, posibilitar aspectos de una nueva heurística que permita abordajes proyectuales alternativos a los convencionales.

Entender las cualidades o principios de la naturaleza emulable a nivel artificial, no ya con la idea de copiarlos o imitarlos en forma parcial o total (en caso que se pudiera), sino tomar a la naturaleza como referente conceptual para el plano proyectual es, sin duda, uno de los caminos posibles para contribuir al manejo racional de recursos naturales, al cuidado del planeta y al equilibrio adecuado entre especies y entorno. Toda esta actividad se ve potenciada por el uso de innovadores recursos tecnológicos disponibles en todos los campos.

La biomimética, desde esta mirada, congrega a todos los desarrollos tecnológicos conocidos y todos los conocimientos científicos, particularmente a los biológicos,

UNIDAD | TECNOLOGÍA EN RELACIÓN PROYECTUAL

con el fin de lograr transferir funciones biológicas a productos (biotecnología traducciones).

Este trabajo presenta y discute, a partir de un corpus teórico que utiliza conceptos de la teoría de los sistemas complejos y de H. Simon, algunos de los aportes devenidos de la biomimética a partir de una selección de productos industriales considerados paradigmáticos.

Palabras clave: bioinspiración, biomimética, biotecnoreplicación, diseño, biónica

La biomimética proyectual

La biomimética es la disciplina que toma a la naturaleza como referente conceptual.

Congrega a todos los desarrollos tecnológicos conocidos y a todos los conocimientos científicos, particularmente a los biológicos, con el fin de lograr transferir funciones biológicas a productos (biotecnología traducciones o biotecnoreplicaciones).

La biomimética es, por su parte, la nueva ciencia que toma los principios naturales para crear cosas que la evolución nunca hubiese alcanzado, dado el carácter conservador del proceso evolutivo en sí mismo.

Se puede decir que se ha vuelto una especie de paradigma para el desarrollo de nuevas tecnologías con un fuerte impacto en el campo social (Lepora et al, 2013). Aporta, además, una contribución epistemológica ya que, lograr en forma exitosa este tipo de transferencias, permite testear hipótesis e ideas acerca de la comprensión alcanzada por la ciencia sobre tales funciones.

Se cuenta con muchos trabajos de revisión en el área, como también, con numerosos trabajos que miden su crecimiento como disciplina (Lepora et al, 2013), (Vincent et al 2006), (Barthelat, 2007), (Nosonovsky and Rohatgi, 2012), (Bar-Cohen, 2006), (Bhushan, 2009).

Dentro de este campo se articulan tanto aspectos teóricos como prácticos que dan, a su vez, origen a subáreas de investigación, siendo una de las más exitosas la ingeniería biomimética (Lakhtakia et al; 2013). Ésta aborda el problema específico, en cada área de especialización, de implementar los medios de cómo replicar la funcionalidad de la estructuras biológica bajo estudio, con los recursos tecnológicos disponibles.

En este trabajo la biomimética proyectual sintetiza las relaciones teóricas establecidas por diferentes autores entre el campo de la biomimética y aquél del proyecto en diseño industrial. Se trata de articular el campo nocional relativamente nuevo de la biomimesis (noción acuñada por la bióloga Janine Benyus (Benyus 1997), con el proceso proyectual en general y, en particular, el del diseño industrial.

Esta idea relacional - biomimética proyectual - no debería entenderse como una relación más dentro de las teorías proyectuales.

UNIDAD | TECNOLOGÍA EN RELACIÓN PROYECTUAL

Los procesos de deterioro de ambientes naturales o la crisis ecosférica de sustentabilidad demandan el aporte de nuevas relaciones estratégicas como la propuesta.

Ello se debe a la creciente responsabilidad de los diseñadores industriales que están urgidos a concebir nuevos objetos y procesos que atiendan las nuevas necesidades socio-culturales.

Entender las cualidades o principios de la naturaleza emulables a nivel artificial, no ya con la idea de copiarlos o imitarlos en forma parcial o total (en caso que se pudiera), sino tomar a la naturaleza como referente conceptual para el plano proyectual es, sin duda, uno de los caminos posibles para contribuir al manejo racional de recursos naturales, al cuidado del planeta y al equilibrio adecuado entre especies y entorno.

Toda esta actividad se ve potenciada por el uso de innovadores recursos tecnológicos disponibles en todos los campos.

En el actual estadio del proceso de crisis ecosférica, en el cual muchos parecen advertir el final de la naturaleza - a lo que se suma la creciente dependencia de la llamada ecología artificial (Fernández, 2012) - la responsabilidad ética y técnica de los proyectistas de tal ecología artificial, se acrecienta.

La posibilidad de aportar nuevas dimensiones en el campo proyectual desde la biomimética, puede ayudar a sostener la naturaleza remanente, como así también, a imitar las cualidades naturales que constituyen atributos de racionalidad energética y matérica y, a comprender en profundidad su mutua dependencia.

Frente a la artificialidad pura o absoluta, imitar los principios y funciones del mundo natural -tanto orgánico, como inorgánico- puede significar un modo estratégico de preservar la naturaleza, o defenderla y, en todo caso, reproducirla en nuevos artefactos cuya entidad reposa en fundamentos biológicos.

Imitar y reproducir a la naturaleza, en la dirección de lograr nuevos y mejores bienes y servicios, no sólo implica valorar y participar del creciente progreso y desarrollo basado en la técnica, sino también alentar a una nueva cultura proyectual que utilice, pero también entienda y valore, lo que la naturaleza ofrece en tanto capacidad técnica de sostener y reproducir la vida en toda su diversidad en el permanente ensayo evolutivo.

Un proyecto alternativo orientado por los principios biomiméticos va mucho más allá de la mera imitación romántica o apariencial de la naturaleza como paisaje, o de copiar mecanismos básicos de especies, como se hizo en los albores de la historia de la ingeniería. Se basa, ahora, en un saber que tiene sus raíces en indagaciones científicas validadas.

Orígenes y desarrollo de la biomimética

Un antecedente significativo para el nacimiento de la biomimética es la teoría general de los sistemas complejos (TGS), presentada en los años veinte (Von Bertalanffy, 1995). Ello se debe a que la misma se enfoca en el concepto de sistema (un conjunto de partes coordinadas y en interacción para alcanzar un conjunto de objetivos) y, en

UNIDAD | TECNOLOGÍA EN RELACIÓN PROYECTUAL

particular, desde la mirada de los sistemas abiertos (los que interactúan con el entorno, como lo hacen los seres vivos, los organismos), y no desde los sistemas cerrados, aislados, en equilibrio, en que se centra gran parte de la física clásica (en particular la mecánica clásica). Cabe destacar que, en este marco, los sistemas abiertos requieren consideraciones especiales a tener en cuenta tales como:

los flujos de entrada de materia (con sus principios de conservación), los flujos de energía (con las leyes de conservación que correspondan a cada caso), los flujos de información (regidos por “la ley del incremento”, es decir, la información que entra y la que ya existe, o incluso aquella que sale del sistema, siempre enriquece al sistema),

los procesos de conversión de estos flujos (mecanismos de transformación de la energía de entrada en otras formas de energía),

la respuesta del sistema a los flujos de salida (que pueden ser positivos o negativos para el entorno) y, finalmente,

el particular sistema de control en que se dan los procesos de predicción para la acción, como el de retroalimentación, es decir el sistema que informa cómo se está llevando a cabo el propósito o meta en cada caso.

Es decir, se produce un cambio significativo en el modo de ver la relación entre el todo y las partes, las intro, inter y extra relaciones del sistema con sí mismo y con su entorno y, con ello, la naturaleza funcional del sistema, sea natural o artificial.

Por su parte, la observación del fenómeno de emergencia de patrones (auto-organización) de los sistemas, conlleva al concepto de sinergia. Este concepto será troncal en el campo proyectual. B. Fuller asume que “los objetos presentan una característica de sinergia cuando la suma de sus partes es inferior al todo, o bien, cuando el examen de alguna de ellas no explica la conducta del todo” (Fuller, 1997).

Otro concepto desde la TGS útil para el pensamiento proyectual es el de recursividad, aplicado a sistemas dentro de sistemas mayores (jerarquización de los sistemas en subsistemas o supersistemas entre otras categorías), y a ciertas características particulares, más bien funciones o conductas propias de cada sistema que son semejantes a aquellas de los sistemas mayores. Este concepto unificador conduce a la reformulación del concepto de frontera, es decir, aquello que separa el sistema de su entorno y que define, con claridad, lo que le pertenece al sistema, o bien, aquello que le es externo.

En síntesis, lo más relevante para el advenimiento de la biomimética fue el doble propósito de la TGS. A saber:

-Hallar isomorfismos en las diferentes construcciones teóricas ya existentes de diferentes disciplinas para posibilitar el desarrollo de modelos teóricos. que sean susceptibles de ser aplicados en diferentes campos de estudio.

-Desdibujar el límite entre “lo natural y lo artificial”, fuertemente marcado por el pensamiento mecanicista-determinista, vigente desde fines del siglo XVII.

Antecedentes fundacionales de la biomimética

Se presenta en esta sección un recorrido diacrónico que reúne hitos seleccionados en torno a la construcción del campo de la biomimética. El periodo considerado parte del inicio del siglo XX hasta el año 2017.

Se inicia con la TGS, ya mencionada, en los años 20 (von Bertalanffy, 1995). Muchas disciplinas van a comenzar a gestarse y, poco tiempo después, van a configurar sus propios campos de conocimiento interdisciplinar.

La cibernética (1942) (Wiener, 1985, Kolman et al; 1958), es uno de los campos más importantes, debido a su aporte teórico a los mecanismos de control de los sistemas abiertos. En este campo, se consolida la teoría de control y de comunicación de las máquinas, a partir de los estudios del sistema nervioso central. Aparece claramente un intento de redefinir técnicamente el mecanismo sináptico de producción y procesamiento de información cerebral neuronal, en términos de modelos conocidos de redes electrónicas, con el propósito de poder generar la función biológica de anticipación y reducción de la incertidumbre del entorno. Es decir, dotar a los artefactos de una típica capacidad, exclusiva, hasta entonces, de los seres vivos.

La inteligencia artificial (IA) en 1956 con John McCarthy, quien acuñó la expresión «inteligencia artificial», y la definió como la ciencia e ingenio de hacer máquinas inteligentes, especialmente programas de cómputo inteligente. Hoy este campo se ha extendido al llamado de la computación bioinspirada ramificado en:

- Búsqueda del estado requerido, dentro del conjunto de los estados producidos por las acciones posibles.
- Algoritmos genéticos (análogo al proceso de evolución de las cadenas de ADN).
- Redes neuronales artificiales (análogo al funcionamiento físico del cerebro de animales y humanos).
- Razonamiento mediante una lógica formal análoga al pensamiento abstracto humano.

La bioingeniería que podría entenderse como aquello que dará origen a la biomimética propiamente dicha, se inicia a partir de la tesis doctoral de Otto Schmidt quien distinguió la aproximación desde la física a los sistemas biológicos (biofísica), de aquella de la ingeniería tradicional a los sistemas biológicos (bioingeniería) y dio origen al campo de la ingeniería biomédica. Este campo teórico-empírico, considerado entonces por una parte como el estudio de la formación, estructura o función de sustancias y materiales producidos biológicamente, junto al estudio de los mecanismos y procesos biológicos mismos, tenía como propósito sintetizar productos artificiales a partir de la imitación de los naturales. Una de las ramas más prolíficas será aquella destinada a los biomateriales.

La biónica, término acuñado por J. Steele en 1960 (Gerardin, 1968) es definida como la aplicación de soluciones biológicas a sistemas de arquitectura, diseño, ingeniería y tecnología en general. La misma se centra en la transferencia de principios biológicos conocidos al diseño de dispositivos artificiales, a diferentes escalas. Muchos de ellos comenzarán a estar ligados con la reparación de partes o funciones dañadas o

UNIDAD | TECNOLOGÍA EN RELACIÓN PROYECTUAL

perdidas en el cuerpo humano, dando origen al incipiente campo del diseño de productos complejos de uso médico.

La nanotecnología, aparece en los años noventa, como término por primera vez por Norio Taniguchi, en un sentido inverso a la gran escala propia de la ecología sistémica.

La biomimética tendrá una particular mirada orientada desde las microescalas hacia la producción de nuevos materiales, mecanismos y procesos, en particular desde fines de siglo XX. El hito revolucionario fue alcanzar sistemas escalares que oscilan entre 10-100 nanómetros (nm). Esta disciplina hoy reconoce ya cuatro generaciones en su evolución (Ramakrishna et al, 2010).

La biomimesis (1997) fue definida por bióloga estadounidense Janine Benyus (Benyus, 1997) para abordar el enfoque hacia soluciones a problemas de sustentabilidad ambiental y de ecología planetaria. Se planteó como el intento de adaptar tecnosistemas artificiales de gran escala, a las características naturales de ecosistemas naturales, dando importancia a cualidades o propiedades naturales tales como la resiliencia o la memoria genética, que podrían adoptarse teóricamente como principios de proyecto y control de estructuras.

A partir de esas proposiciones y desarrollos, en los últimos años, se acelera la combinación y la aplicación de principios o propiedades naturales complejas, dando lugar a los sistemas biomiméticos. Estos son sistemas artificiales, en el sentido definido por la TGS, cuya funcionalidad reproduce una función biológica con cierto grado de abstracción.

La tecnoreplicación

Dado que se trata de transferir funciones en un sentido amplio, se requieren aspectos metodológicos asociados al proceso de biorreplicación (también llamado de tecnoreplicación), (Forbes, 2006) que se puede pensar, a grandes rasgos, en cuatro estrategias combinadas:

- La primera aproximación puede ser estudiar un sistema funcional en la diversidad de organismos y obtener múltiples soluciones.
- Una segunda forma es tomar un organismo modelo y aplicar muchos métodos de estudio para poder tener una exhaustiva descripción del binomio función-estructura.
- Una tercera aproximación son los experimentos virtuales o computacionales, basados en modelos y simulaciones. Ellos implican un alto conocimiento previo, ya que ello condicionará a todos los resultados obtenidos.
- Un cuarto enfoque es el de imitar a los sistemas biológicos dentro de un sistema artificial, manteniendo algunos rasgos de lo biológico original y verificar experimentos con su imitación artificial.

Todos estos enfoques cuentan con sus propios instrumentos, métodos y técnicas particulares de investigación y formas de razonamiento.

UNIDAD | TECNOLOGÍA EN RELACIÓN PROYECTUAL

Este nuevo campo, por su propia naturaleza, revolucionó aspectos epistemológicos arraigados en el campo de las ciencias en las cuales el razonamiento deductivo tenía un lugar central. En particular, el uso de razonamientos abductivos (Marafioti, 2004), o analógicos, impactó en el campo proyectual. A ello se suma la revisión de teorías provenientes del campo de la ingeniería, sobre el cambio de escala como la de semejanza dinámica (White, 1988). Dicha teoría postula una heurística a partir de la definición de grupos adimensionales construidos con las variables relevantes del sistema bajo estudio. Esto permite, junto a la observación experimental, poder predecir el valor de los parámetros desconocidos entre prototipo y modelo a escala, en sistemas tanto artificiales, como naturales (McMahon, 1986). Ello se realiza, simplemente, a partir de la igualación de los números adimensionales obtenidos. Esta igualación garantiza que, la razón entre las fuerzas actuantes predominantes en el sistema, se conserve, a pesar del cambio de escala.

Todas estas formas de razonamiento, van a dar un cuerpo integrado de supuestos, principios y teorías que forman el cuerpo particular de la llamada bioemulación, es decir, las estrategias necesarias para tomar a la naturaleza como referente conceptual.

Elas son necesarias debido a la compleja funcionalidad de los sistemas biológicos y su traslado al mundo de lo artificial. Dicho traslado parte del campo de la bioinspiración, para luego, pasar al de biomimética y, dentro de ella, al de la bioreplicación.

Áreas de investigación más desarrolladas

Desde la caracterización conceptual de sistema abierto, ya mencionada, las áreas de investigación más desarrolladas son:

- Diseño de sistemas y estructuras
- Auto organización y operatividad
- Materiales biológicamente activos
- Auto ensamblado
- Autoreparación
- Aprendizaje
- Memoria
- Autoregulación
- Movimiento y locomoción
- Sistemas sensoriales (percepción)
- Communication
- Autoconfiguración
- Eficiencia energética

UNIDAD | TECNOLOGÍA EN RELACIÓN PROYECTUAL

-Neuromimética (controladores varios para el SNC).

Las comunidades de trabajo más sólidas a lo largo de estos años tienen que ver con aplicaciones en:

- Robótica (robots tradicionales con énfasis en las mejoras de control e inteligencia, robots caminadores, manipuladores, con incorporación de todos los hallazgos en machine-learning) visión, reconocimiento de patrones, redes neurales).
- Robots de base etológica: robots insectos o pájaros, submarinos basados en peces.
- Actuadores biomiméticos: músculos artificiales.
- Biomateriales: con énfasis en materiales biológicos como huesos, tejidos, colágeno, en cuanto a su ensamblaje y fabricación.
- Bioingeniería estructural: concentrado en el estudio de la microestructura de los materiales biológicos.

Todos estos nuevos desarrollos son acompañados de modelos y desarrollos de programas de simulación que permiten la realización de conceptos (prototipos experimentales de productos o artefactos que asumen y procesan cualidades naturales).

Un ejemplo de este nuevo campo de productos complejos son los diferentes tipos de interfaces hombre-máquina que llevan a las prótesis inteligentes (Johnson, 2006) y a la implementación de sensores generando una interacción con el sistema nervioso central (Hung, 2010), o bien, la aparición de laboratorios como el de Biomimética Extrema (Center for Extreme Bionics, MIT, 2016).

En este campo se desarrollan procesos de ingeniería vinculados a la obtención de una nueva generación de biomateriales y biocompuestos que posean propiedades específicas de temperatura y resistencia química para ser aplicados en nuevas tecnologías robóticas.

En síntesis, desde los años veinte en adelante, se han sucedido diferentes formas de hacer referencia a la traducción tecnológica de funciones de objetos naturales sin intervención humana a productos tecnológicos, en sus diferentes grados de concreción. Las más divulgadas fueron la biónica, bioinspiración, bioemulación, biomimesis, entre otras.

Cabe destacar que cada grupo de investigación las han tomado según sus propios sesgos tecnológicos. Así cuando Benyus habla de biomimética lo hace en función de su pensamiento sustentable a nivel planeta, mientras que, grupos como el de la Universidad de Duke en Carolina del Norte, que trabajan en neurociencias, hablan de biónica en relación a desarrollos en robótica humanoide o destinada a rehabilitación.

La biomimética y el diseño industrial: la biomimética proyectual

Pero, ¿cuáles fueron los diseños u aportes de la biomimética al plano proyectual, a lo largo del tiempo, desde la óptica del diseño industrial?

UNIDAD | TECNOLOGÍA EN RELACIÓN PROYECTUAL

La consideración de todo lo relevado analizado desde la perspectiva de la aplicación en diseño industrial se complementa con una serie de productos paradigmáticos biomiméticos. Es decir, se trata de abordar el análisis de las transferencias exitosas al medio social y productivo, o bien, de desarrollos proyectuales alternativos. El criterio de elección de los casos debe ser que los mismos hayan verificado instancias experimentales, o bien, haber alcanzado el estado de productos industriales con algún tipo de propiedad intelectual reconocida.

Para orientar la selección de tales productos se propone la construcción de un marco teórico a partir de los sistemas complejos ya presentado, y de lo planteado por Herbert Simon en su libro *Ciencias de lo artificial* (Simon, 1996).

H. Simon centra su pensamiento en el concepto de artefacto (definido como un objeto con un propósito) como algo que no posee una distinción marcada entre lo biológico y lo artificial. Considera que el hombre opera en la actualidad de tal forma que vuelve a esta distinción innecesaria.

Postula que, el cumplimiento del propósito o la adaptación a un objetivo, implica una relación entre tres términos: el propósito o el objetivo, el entorno interno (que sería la sustancia y la organización del artefacto en sí mismo), y el entorno externo en el que se realiza, instala o funciona el artefacto. Si el entorno interno es apropiado para el entorno exterior o viceversa, el artefacto cumplirá su propósito previsto.

Como puede verse, para este autor el concepto de frontera es central. Su modelo está inspirado en los conceptos de la TGS ya presentados.

Se pueden establecer muchas analogías entre sistemas abiertos y artefactos. Una de las ventajas de separar el entorno externo del interno en el estudio de un sistema adaptativo o artificial es que, a menudo, puede predecirse el comportamiento desde el conocimiento de los objetivos del sistema y su entorno externo con sólo suposiciones mínimas sobre el entorno interno. Un corolario inmediato es que a menudo se encuentran entornos interiores bastante diferentes que logran objetivos idénticos o similares, en ambientes exteriores idénticos o similares: aviones y aves, embarcaciones y peces, relojes mecánicos y relojes eléctricos, etc.

Existe, a menudo, una ventaja correspondiente a tal diferenciación de entornos desde el punto de vista del entorno interno. Una de ellas es poder predecir el comportamiento del sistema con suposiciones mínimas del entorno interno pero conociendo el propósito y el entorno externo. Los biólogos están familiarizados con esta propiedad de los sistemas adaptativos bajo la etiqueta de homeostasis, correspondiente al conjunto de fenómenos de autorregulación, conducentes al mantenimiento de una relativa constancia en la composición y las propiedades del medio interno de un organismo. Esta es una propiedad importante de la mayoría de los buenos diseños ya sean biológicos, o artificiales.

Una de las condiciones de la biomimesis proyectual sería la capacidad de producir funciones adaptativas homeostáticas en los nuevos objetos proyectados desde esta perspectiva.

De una manera u otra, el diseñador aísla el sistema interno del entorno de modo que se mantiene una relación invariante entre el sistema interno y el objetivo,

UNIDAD | TECNOLOGÍA EN RELACIÓN PROYECTUAL

independientemente de las variaciones que puedan surgir en un amplio rango en la mayoría de los parámetros que caracterizan el entorno exterior.

En la mejor situación posible, desde la mirada de un diseñador, podría esperarse combinar los dos conjuntos de ventajas que derivan de factorizar un sistema adaptativo en objetivos propios de un entorno externo y un entorno interno. Se podrían caracterizar las propiedades principales del sistema y su comportamiento sin elaborar los detalles del entorno externo o interno.

La descripción de un artefacto en términos de su organización y funcionamiento, así como su interfaz entre ambientes internos y externos, es uno de los objetivos principales de la invención y la actividad proyectual en el diseño.

El ambiente externo determina las condiciones para el logro de las metas; si el sistema interno está diseñado adecuadamente se adaptará al entorno exterior, de modo que su comportamiento estará determinado, en gran parte, por el funcionamiento de este último. Este razonamiento resulta clave para entender y valorar la aproximación biomimética toda vez que tales entornos externos sean prevalentemente naturales: el diseño biomimético podría resultar la mejor vía para garantizar el menor impacto negativo de un artefacto respecto de un ambiente natural y, más aún, en ecosistemas frágiles y vulnerables.

Según el planteo de Simon, prácticamente no se observan diferencias entre lo natural y lo artificial. Para el diseñador todo lo observado en la naturaleza es artificial dado que el diseñador va a operar con esos elementos, así como también con la naturaleza, ya que piensa al artefacto como un sistema adaptativo complejo, donde todo objeto tiene un entorno interno, una frontera y un entorno externo.

En función de la determinación de las variables a analizar en cada caso y de establecer cuál sería la frontera, es donde se juega el propósito y la función. Es decir, donde va a darse la comunicación entre el entorno exterior y el interior. El objeto a proyectar debe tener que ver con esa articulación y es por eso que el entorno de uso tiene que estar siempre muy claro para las operaciones proyectuales del diseño industrial.

Si bien Simon artificializa lo natural - cuando indica que lo artificial no tendría diferencias con lo natural - cabe centrar la biomimesis en una inversión de esa relación; es decir en naturalizar lo artificial, en el sentido de analizar, descubrir e imitar/reproducir funciones y propiedades del sistema natural en los nuevos artefactos surgidos del proyecto del diseñador industrial.

Con todo lo analizado, se puede definir una serie de criterios desde donde poder realizar una selección de productos paradigmáticos para el armado de las fichas correspondientes.

Es decir, desde un análisis crítico, en función de entorno interno, propósito (relación entre el entorno interno y el externo) y entorno externo.

Dentro de cada una de estas categorías se definen distintas dimensiones de análisis que serán detalladas en las fichas. Cada ítem de las mismas se selecciona siguiendo un orden de profundidad creciente, que permite poner en juego el marco teórico, a medida que se avanza en el análisis.

UNIDAD | TECNOLOGÍA EN RELACIÓN PROYECTUAL

En este sentido Las fichas constan de cuatro secciones que son las que se detallan a continuación:

-Antecedentes del proyecto (bioinspiración):

- .Fenómeno natural observado
- .Fuente
- .Referente natural
- .Analogía biomimética
- .Año de aparición de la idea
- .Patentes

-Entorno interno del producto:

- .Materiales
- .Estructura
- .Configuración espacial
- .Mecanismos propuestos
- .Descripción del producto
- .Cambio de escala respecto al referente natural

-Propósito:

- .Funcionalidad (tecnobioreplicación)
- .Flujo de entrada: Requisitos
- .Flujo de salida: Resultado de los requisitos

-Entorno externo del producto:

- .Impacto socio-económico
- .Impacto ambiental

Debajo de cada una de las fichas se analiza el referente natural desde una mirada proyectual, junto al principio funcional que de dicha observación deriva y, que será la propiedad tecnoreplicada.

El ejemplo seleccionado para este trabajo, proviene del área de la biomimética, del diseño de los sistemas y estructuras; del sub-campo de los adhesivos, y es el Geckskin™ (basado en la nanoestructura de las patas del Gecko), (Forbes, 2005).

UNIDAD | TECNOLOGÍA EN RELACIÓN PROYECTUAL

Se presenta la ficha del caso mencionado junto a su área biomimética, el referente natural, el status objetual, la función replicada, el año en que se difunde la idea y el status de protección intelectual.

UNIDAD | TECNOLOGÍA EN RELACIÓN PROYECTUAL

GECKSKIN	
Antecedentes del proyecto (bioinspiración)	
Fenómeno natural observado	Fuerte y estable adhesión a superficies pulidas de ciertos reptiles.
Fuente	Al Crosby, Equipo científico, Universidad de Massachusetts
Referente natural	Gecko
Analogía biomimética	Lograr una adhesión a superficies lisas y pulidas como la que se observa en la superficie plantar de los geckos
Año de aparición de la idea	2008
Patentes	12 universidades poseen patentes vinculadas al desarrollo de este adhesivo.
Entorno interno del product	
Materiales	Elastómeros suaves y tejidos ultra rígidos como la fibra de vidrio y el carbono.
Estructura	Superficie que puede soportar una fuerza máxima de más de 300 kilos pegado a una superficie lisa. <u>Estructuras formadas por microfibras plásticas</u>
Configuración especial	Distribución superficial uniforme de alta densidad
Mecanismos propuestos	Interacción de las fuerzas de Van der Waals a partir de los millones de contactos entre la superficie del producto y cualquier otra superficie lisa.
Descripción del product	<u>súper-adhesivo</u>
Cambio de escala respecto al referente natural	<u>Escala nanométrica</u>
Propósito	
Funcionalidad (tecnología bio replicación)	Principio de adhesión mecánica sin deslizamiento por contacto de nanofibras
Flujo de entrada	Requisitos Generar un nuevo sistema de adherencia a superficies lisas
Flujo de salida	Resultados obtenidos Gran impacto en el campo de los adhesivos ya que resuelve la vinculación entre superficies desde otra tecnología posibilitando el reuso del adhesivo. Otra de las innovaciones es la de ser un adhesivo reutilizable.
Entorno externo del product	
Impacto socio económico	Actualmente siguen realizándose investigaciones sobre aplicaciones alternativas de este adhesivo en el ámbito médico y deportivo.
Impacto ambiental	Manufactura reutilizable, lo cual a diferencia de los adhesivos tradicionales genera menor cantidad de material y por lo tanto menor descarte.

Tabla 1. Ficha del producto Geckskin desde el enfoque biomimético proyectual

UNIDAD | TECNOLOGÍA EN RELACIÓN PROYECTUAL

El referente natural es el *Uroplatus fimbriatus* es el nombre científico de los geckos, lagartos de tamaño pequeño pero de longitud variable. Las patas de los geckos tienen una serie de particularidades; sus superficies pueden adherirse a cualquier tipo de material. Esto se genera a partir de la estructura de su pie, la estructura del material al que se adhiere el pie y la capacidad de adherirse a una superficie y convertirse parte de ella.

El referente conceptual: Las interacciones entre los pies del gecko y la superficie de escalada son más fuertes que los efectos del área de superficie simple. En sus pies, el Gecko posee muchos pelos microscópicos, llamadas setas que aumentan las fuerzas de Van der Waals entre sus pies y la superficie. Estas setas son proteínas estructurales fibrosas que sobresalen de la epidermis, que está hecha de β -queratina, el componente básico de la piel humana.

Principio de funcionamiento tecnoreplicado: Este adhesivo funciona a partir de un principio de adhesión mecánica sin deslizamiento por contacto de nanofibras. Posee una capa de superficie suave y con una alta rigidez, que obtiene una fuerte conexión sin requerir humedad y sin dejar residuos pegajosos gracias a las llamadas fuerzas de Van der Waals que atraen a las moléculas entre sí, logrando la adhesión al deslizarse sobre la misma mediante una especie de fricción. El adhesivo usa microfibras plásticas logrando que el plástico no sea adhesivo en sí mismo sino que genera su adhesión a partir de los millones de microscópicos contactos trabajando en conjunto.

Conclusiones

Con el título de biomimética proyectual se resumió la relación encontrada entre el campo de la biomimética y aquel de proyecto en diseño industrial. El objetivo fue esbozar un marco teórico, a partir de la reelaboración de las ideas de H. Simon al plano proyectual, que permitiera analizar productos exitosos de origen biomimético.

A medida que la ciencia y la tecnología continúan acelerando y cambiando nuestra sociedad, el diseñador tendrá un rol creciente como principal mediador en la implementación de estos cambios en la forma de objetos, productos o nuevas ideas, en la sociedad global.

El diseño de la naturaleza y el que realiza el hombre son sustancialmente diferentes. Entender esta diferencia es clave para la innovación. El hombre diseña utilizando su intuición, siempre con un propósito, mientras que la naturaleza lo hace por prueba y error, a lo largo de la evolución, sin planos prefijados o una finalidad última.

Dado que la barrera entre lo biológico y lo artificial se ha desdibujado, una nueva epistemología se establece en torno al concepto de artefacto, y por ello la conexión entre estos dos dominios debe iniciarse desde la formación de grado, continuar en el posgrado y, finalmente, ser continua, para la actualización permanente de los profesionales.

La necesidad de instalar la reflexión sobre el campo de la biomimética en el universo del diseño, y sobre las posibles y variadas metodologías de los procesos de enseñanza – aprendizaje, es evidente. Esta necesidad está en proceso de

UNIDAD | TECNOLOGÍA EN RELACIÓN PROYECTUAL

implementación en muchas de las escuelas de diseño que son referentes en el mundo.

Esta formación tiene que tender al desarrollo de capacidades nuevas, en particular, aquellas que permitan captar, en forma dinámica, los aportes susceptibles a ser traducidos a productos.

La interdisciplina, es decir, la integración con expertos en biología y disciplinas afines, debe ser considerada. La experimentación con formas biológicas es esencial para que los alumnos puedan iniciar la etapa de análisis, en cada una de sus dimensiones (forma, función, materialidad, estructura y comportamiento) de una manera que les permita poder abstraer los principios básicos, para luego, ser generalizados y aplicados en sus proyectos.

Ello debe realizarse teniendo en cuenta que la naturaleza como referente conceptual debe serlo a todas las escalas de tamaños. Desde el organismo hasta los ecosistemas, desde el átomo hasta las nebulosas estelares, con la comprensión creciente que ello implica. Pero también, con la certeza de obtener un potencial inspirador mayor, emergente natural, de la cada vez más alta jerarquía propia de estas relaciones.

Es decir, el diseñador tendrá que ser capaz de ver al mundo en su complejidad y su interrelación para poder fluir entre el mundo de los artefactos, el sistema biofísico, el social y, finalmente, el universo simbólico.

El diseñador, como un sintetizador de realidades emergentes, debe también reflejar las responsabilidades ecológicas y de sustentabilidad. Hoy el diseño sustentable es aceptado como una forma cultural, que propicia hallar las condiciones para el enriquecimiento social y medioambiental, con el propósito de aumentar la calidad de vida indefinidamente, a cualquier nivel. La necesidad de construir entornos, que sean social, cultural y económicamente viables, debe ser acompañada, a su vez, de las preocupaciones ecológicas. En consecuencia, la sensibilidad tecnológica se vuelve un problema ético. La formación sobre ética tecnológica y ecológica será otras dimensiones a tener en cuenta en la formación de los diseñadores, verdaderos agentes de una genuina transformación social del siglo XXI.

Agradecimientos

La presente investigación fue realizada dentro del marco del: Proyecto Interdisciplinario No. 20620160100004BA, subsidiado, de la Programación Científica (UBA) 2017-2019.

Bibliografía

BAR-COHEN, Y. (2006). Biomimetics--using nature to inspire human innovation. Estados Unidos: California Institute of Technology.

BARTHELET, F. (2007). Biomimetics for next generation materials. Canada: Department of Mechanical Engineering, McGill.

UNIDAD | TECNOLOGÍA EN RELACIÓN PROYECTUAL

- BENYUS, J. (1997). *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*. Nueva York.: Perennial.
- BHUSHAN, B. (2009). *Biomimetics: lessons from nature—an overview*. Estados Unidos: Ohio State University.
- Center for Extreme Bionics. (2016). Estados Unidos: MIT. Recuperado el 8/07/18 de www.media.mit.edu
- FERNÁNDEZ, R. (2012). *Ecología artificial*, Buenos Aires: Concentra.
- FORBES, P. (2006). *Bio Inspiration – Engineering. New materials form nature*. Londres: W.W. Norton & Company.
- FULLER, R., Applewhite, E. J.(1975). *Synergetics: Explorations in the Geometry of Thinking*, London: Macmillan Publishing Co. Inc.
- MCMAHON, T. Bonner, J. (1986). *Tamaño y Vida*. Barcelona: Labor.
- Gerardin, L. (1968). *La biónica*, Biblioteca para el hombre actual. Toronto: Mc. Graw-Hill.
- HUNG, G. K.. (2010). *Biomedical Engineering: Principles of the Bionic Man*. Singapore: World Scientific.
- JOHNSON, F., Virgo, K.S. (2006). *The bionic human: health promotion for people with implanted prosthetic devices*. New Jersey: Humana Press.
- KOLMAN E. Frolov, I.P. (1958). *La cibernética y el cerebro humano*. Montevideo: Pueblos Unidos.
- LAKHTAKIA et al, (2013). *Engineered Biomimicry*. Londres: Elsevier.
- LEPORA, N, F; Vershure P, Prescott T. J. (2013). *The state of the art in biomimetics; Bioinspir& Biomim*. 8: 2-11.
- NOSONOVSKY, M., Rohatgi, P. (2012). *Biomimetics in material science*. Nueva York: Springer.
- RAMAKRISHNA, S; Ramalingam, M; Kumar T.S., Soboyejo, W. (2010). *Biomaterials: A nano Approach*. Londres: CRC Press.
- MARAFIOTI, R. (2004). *Charles S. Price: El éxtasis de los signos*. Buenos Aires: Biblos.
- SIMON, H. (1996). *Sciences of the artificial*. Cambridge: The MIT Press.
- VINCENT J. F. V.; Bogatyreva, O.A.; Bogatirev, N. R. Bowyer, A ; Pahl, A.K. (2006). *Biomimetics: its practice and Theory (Review)*. *J. R. Soc. Interface* 3: 471–482.
- VON BERTALANFFY, L. (1995). *Teoría general de los sistemas*. Mexico: Fondo de Cultura Económica.
- WHITE, F. (1988). *Mecánica de Fluidos*. Nueva York: McGraw-Hill.