

- ES Desarrollo y aplicación de una herramienta metodológica para el diseño bioinspirado
- EN Development and application of a methodological tool for bio-inspired design
- ITA Sviluppo e applicazione di uno strumento metodologico per il design bio-ispirato
- FRA Développement et application d'un outil méthodologique pour le design bio-inspiré
- POR Desenvolvimento e aplicação de uma ferramenta metodológica para design bioinspirado

Mayra Alejandra Morales Carmona

Desarrollo y aplicación de una herramienta metodológica para el diseño bioinspirado

Recibido: 6/11/2019; Aceptado: 18/12/2019; Publicado en línea: 30/12/2020



**MAYRA ALEJANDRA
MORALES CARMONA**

Diseñadora industrial,
Universidad Nacional de
Colombia, Sede Palmira.
Correo electrónico:
maamoralesca@unal.edu.co

RESUMEN (ES)

En el diseño bioinspirado se ha desarrollado gran número de objetos que han tenido un espacio sobresaliente en la historia del diseño, desde Arts and Crafts, el diseño escandinavo o el Art Nouveau, entre otros, se observa el valor de la naturaleza como inspiración. En este estudio se hace la comparación de seis métodos de diseño bioinspirado, con énfasis en el proceso de análisis del referente natural y sus características, con el propósito de desarrollar una herramienta metodológica que contribuya y complemente los procesos de abstracción para realizar diseño biomimético. Se valida la herramienta a través de su aplicación en el diseño conceptual de objetos.

PALABRAS CLAVE: abstracción, bioinspiración, concepto, diseño, método.

ABSTRACT (ENG)

In bio-inspired design, a large number of objects have been developed that have had an outstanding space in the history of design, from Arts and Crafts, Scandinavian design or Art Nouveau, among others, the value of nature as inspiration becomes apparent. In this study, the comparison of six bio-inspired design methods is made, with emphasis on the process of analysis of the natural referent and its characteristics, aiming at developing a methodological tool that contributes and complements the abstraction processes to carry out biomimetic design. The tool is validated through its application in the conceptual design of objects.

KEYWORDS: abstraction, bioinspiration, concept, design, method.

RIASSUNTI (ITA)

Il design bio- ispirato ha sviluppato una quantità importante di oggetti che hanno spiccato nella storia del design, dagli arts and crafts, il design scandinavo oppure l'art nouveau, fra altri, si osserva il valore della natura come ispirazione. Lo studio compara sei metodi di design bio- ispirato, sottolineando il processo d'analisi dei riferimenti naturali e le loro caratteristiche con il fine di sviluppare una strategia metodologica che contribuisce e completa i processi d'astrazione

per realizzare design bio-mimetico. Lo strumento metodologico si prova nell'applicazione per il design concettuale di oggetti.

PAROLE CHIAVI: astrazione, bio-ispirazione, concetto, design, metodo.

RÉSUMÉ (FRA)

Dans le design bio-inspiré ont été développés un grand nombre d'objets qui occupent une place de choix dans l'histoire du design ; depuis le mouvement Arts & Crafts, le design scandinave ou l'Art nouveau, entre autres, on observe l'importance de la nature comme inspiration. Dans cette étude on fait la comparaison de six méthodes de design bio-inspiré, en mettant l'accent sur le processus d'analyse du référent naturel et ses caractéristiques, le but étant de développer un outil méthodologique qui contribue et complète les processus d'abstraction pour réaliser un design biomimétique. L'outil est validé à travers son application dans le design conceptuel d'objets.

MOTS-CLÉS: abstraction, bio-inspiration, concept, design, méthode.

RESUMO (POR)

No design bioinspirado, foram desenvolvidos um grande número de objetos que tiveram um espaço de destaque na história do design, desde as Artes e Ofícios, design escandinavo ou Art Nouveau, entre outros, o valor da natureza como inspiração é observado. Neste estudo, a comparação de seis métodos de design bioinspirados é feita, com ênfase no processo da análise do referente natural e suas características, com o objetivo de desenvolver uma ferramenta metodológica que contribua e complemente os processos de abstração para a realização do design biomimético. A ferramenta é validada através de sua aplicação no projeto conceitual dos objetos.

PALAVRAS-CHAVE: abstração, bioinspiração, conceito, design, método.

Según Mak y Shu (2004), se establecen cuatro tipos de relaciones de similitud o estrategias entre el referente natural relacionado con el principio biológico y el producto o diseño generado: 1) implementación literal, 2) transferencia biológica, 3) analogía, y 4) anomalía.

A partir de este planteamiento, se establece la estrategia de la analogía para el desarrollo de este estudio, entendiendo la importancia de la abstracción del principio biológico para el desarrollo de productos, generando en este sentido la relación de analogía entre el referente natural y el producto final. Así que, este trabajo asume la abstracción como lo sugiere Carl Hastrich (2005), como el «Proceso de traducir el principio básico de la estrategia (organismo o componente biológico) en la terminología de diseño».

Así mismo, López y Berges (2018) establecen cuatro niveles analógicos: 1) inspiración, 2) emulación o similitud, 3) imitación, 4) copia. Cuanto más abstracto es el principio biológico (inspiración) más potencial tendrá el concepto y el alcance formal, pero la solución a nivel funcional requiere de un grado más alto de imitación o copia del referente. Esta afirmación se evidencia en ejemplos como el diseño de materiales bioinspirados que cada vez más intentan llegar al punto de copiar las características físicas y/o químicas del referente para solucionar problemas como la biodegradación.

En estos niveles analógicos se establece la estrecha relación que tienen con la forma y la función. Ya que en los niveles de inspiración y emulación, la forma tiene un papel más importante, mientras que para lograr un principio funcional se deben llegar a límites de la imitación y la copia del referente natural (figura 1).

En este sentido, se plantea la importancia de no excluir ninguno de los niveles de la investigación analógica, puesto que es mayor la cantidad de productos que se pueden generar a través de los diferentes niveles y es una

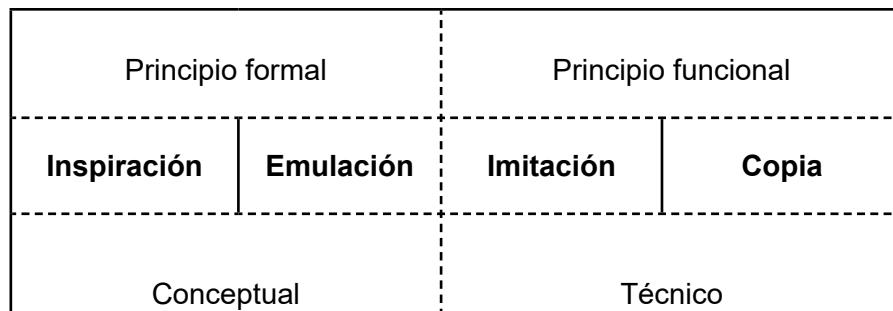


Figura 1. Niveles analógicos. Fuente: elaboración propia basada en López Forniés y Berges Muro (2018).

forma de generalizar el uso de la herramienta a desarrollar sin importar el enfoque o punto de partida ni la meta final en cuanto a diseño formal o funcional.

La aplicación del nivel analógico dependerá de la persona que desarrolle el objeto y el nivel de conocimiento e investigación que obtenga del referente natural, y su meta particular. De esta forma, se evidencia la importancia de las características naturales y su estudio para los procesos de biomimesis, dichas características son los principios biológicos básicos y estas serán aplicadas al diseño final.

De acuerdo con Helms, Vattam y Goel (2009), existen dos tipos de enfoque en el diseño bioinspirado:

1. Desde la solución / inspiración: procesos en los que la inspiración natural es el punto de partida y en donde se generan diferentes principios biológicos aplicables a un problema de diseño.
2. Desde el problema: son los procesos que tienen como inicio el planteamiento de un problema y la búsqueda de un referente natural en el qué inspirarse para dar solución al problema planteado (figura 2).

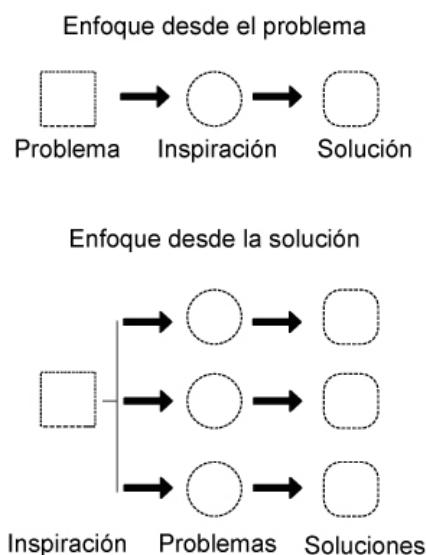


Figura 2. Diferencia de los tipos de enfoque. Fuente: elaboración propia basada en Helms, Vattam y Goel (2009).

En consecuencia, el estudio plantea como propósito la generación de una herramienta metodológica que contribuya a los procesos de abstracción de características naturales para su posterior aplicación a elementos de diseño, sin dejar de lado los dos tipos de enfoque (figura 2) y contemplando la posibilidad que esta propuesta metodológica pueda ser usada como un complemento a distintos procesos de diseño.

Por su parte, según Aguilera (2013), los métodos se pueden definir como un conjunto de procedimientos ordenados y orientados a descubrir una verdad o simplificar la complejidad tomando elementos importantes. El método permite estructurar conceptos y resolver problemas.

De manera general, los métodos de diseño pueden agruparse por etapas, como lo propone Cross (2002): 1) definición de objetivos, 2) establecimiento de funciones, 3) fijación de requerimientos, 4) determinación de características, 5) generación de alternativas, 6) evaluación de alternativas, 7) mejora de detalles.

En esta descripción del proceso de diseño, la bioinspiración podría incluirse y actuar como complemento en la etapa 4 «determinación de características» y, de esta forma, generar un producto inspirado en la naturaleza. Esta posibilidad de integración entre el proceso de diseño y el proceso de diseño bioinspirado origina la intención de estructurar la herramienta como un complemento a otros métodos planteados y que su uso no sea restringido a un método en particular, ni a un tipo de enfoque.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para desarrollar la herramienta metodológica se realiza una comparación de métodos, con el propósito de identificar en ellos pasos que describan el proceso de abstracción y conocer de qué manera abordan el estudio del referente natural para el diseño bioinspirado. Se estructura la herramienta que contribuye a los procesos de abstracción y puede usarse como complemento en el desarrollo de cualquier método de diseño bioinspirado.

MÉTODOS

Tabla 1. Pasos propuestos, Metodología Songel

Naturaleza, diseño e innovación: propuesta metodológica	Pasos
Gabriel Songel Enfoque: desde el problema de diseño.	<ol style="list-style-type: none"> 1) Planteamiento y análisis de las necesidades 2) Identificación del problema 3) Concepto del proyecto 4) Análisis de sujetos naturales 5) Propuestas de aplicación 6) Estudios de mercado y viabilidad económica 7) Evaluación económica

Fuente: *Songel (1994)*.

Tabla 2. Pasos propuestos, Metodología Helms, Problem Driven

Biologically inspired design: Process and products. Problem driven biologically inspired design process	Pasos
Helms, Vattam y Goel Enfoque: desde el problema de diseño.	<ol style="list-style-type: none"> 1) Definición del problema 2) Reestructuración del problema 3) Búsqueda de soluciones biológicas 4) Definir la solución biológica 5) Extracción del principio 6) Aplicación del principio

Fuente: *Helms, Vattam y Goel. (2009)*.

Tabla 3. Pasos propuestos, Metodología Helms, Solution Driven

Biologically inspired design: Process and products. Solution driven biologically inspired design process	Pasos
Helms, Vattam y Goel Enfoque: desde la solución de diseño.	<ol style="list-style-type: none"> 1) Identificar la solución biológica 2) Definir la solución biológica 3) Extracción del principio 4) Volver a enmarcar la solución 5) Búsqueda de problemas 6) Definición del problema 7) Principio de aplicación

Fuente: *Helms, Vattam y Goel (2009)*.

Tabla 4. Pasos propuestos, Metodología Lenau

Biomimetics as a design methodology	Pasos
Torben Lenau Enfoque: desde la solución de diseño.	<ol style="list-style-type: none"> 1) Búsqueda 2) Análisis 3) Principios 4) Diseño

Fuente: *Lenau (2009)*.

Tabla 5. Pasos propuestos, Metodología Biomimicry Institute

¿Cómo elaborar estrategias de diseño?	Pasos
Biomimicry Institute	<ol style="list-style-type: none"> 1) Resumir la estrategia biológica 2) Dibujar la estrategia biológica 3) Escribir la estrategia de diseño 4) Dibujar la estrategia de diseño 5) Revisar la estrategia
Enfoque: desde la solución de diseño.	

Fuente: Biomimicryinstitute

Tabla 6. Pasos propuestos, Metodología Hastrich

Biomimicry Design Spiral	Pasos
Carl Hastrich	<ol style="list-style-type: none"> 1) Identificar 2) Traducir 3) Descubrir 4) Abstraer 5) Emular 6) Evaluar
Enfoque: desde el problema de diseño.	

Fuente: Hastrich (2006).

PASOS DE ABSTRACCIÓN Y CATEGORÍAS

Con la comparación de los métodos, se pretende reconocer los pasos específicos de abstracción y los tipos de características que los métodos analizan y a los que dan mayor importancia para el diseño bioinspirado. De igual forma, se busca identificar si existe algún patrón o categorías en las que se puedan agrupar las características abstraídas en los métodos para así tener en cuenta dichas categorías en la estructuración de la herramienta.

A través de la revisión de pasos dedicados al análisis y abstracción del referente natural, dentro de cada método, se busca conocer el nivel de detalle en los procesos y los espacios sin abordar, dentro del método, que puedan aportar a la construcción de conocimiento para el desarrollo de objetos bioinspirados.

La comparación de los pasos que contemplan la abstracción dentro de los métodos permite la identificación de las características que se repiten entre los métodos, características formales, funcionales y estructurales, que se documentan en la tabla 7.

Con la comparación de los métodos y la categorización de los tipos de características a extraer –forma, función, estructura–, se observa la importancia de los principios biológicos a abstraer. Así mismo, esta importancia debe verse reflejada en el desarrollo de la herramienta metodológica. Es notable, además, la ausencia de pasos dedicados a la traducción de estas características en términos de diseño para el desarrollo de objetos, a excepción del método propuesto por Helms, Vattam y Goel, en «*Biologically inspired design: Process and products (problem driven)*», donde se describe, en el paso «aplicación del principio», que se debe traducir el principio a la ingeniería mecánica mediante la introducción de nuevas restricciones al principio biológico y en el método.

En *Biomimicry design spiral*, de Carl Hastrich, existe un paso llamado «traducir» que hace referencia a la traducción de funciones que se quieren plasmar en el diseño a términos biológicos.

Asimismo, se abordan también otros textos sobre diseño bioinspirado que contemplan la importancia de dichas características (forma, función y estructura), reafirmando así el patrón repetitivo de atributos importantes para el análisis entre un método y otro.

Tabla 7. Identificación de características

Métodos	Características funcionales	Características estructurales	Características formales
Naturaleza, diseño e innovación: propuesta metodológica Gabriel Songel	- Diferenciación de los mecanismos del sujeto natural. - Estudio de la estructura funcional.	-Comprendión de la naturaleza y organización de los materiales.	-Estudio de las relaciones formales entre ellos.
Biologically inspired design: Process and products problem driven Helms, Vattam y Goel	- Identificar estructuras y mecanismos superficiales del sistema biológico que se relaciona con la función.	-Identificar estructuras y mecanismos superficiales del sistema biológico.	
Biologically inspired design: Process and products solution driven Helms, Vattam y Goel	- Definir la solución biológica: en este caso, reformular obliga a los diseñadores a pensar en términos de cómo los humanos pueden ver la utilidad de las funciones biológicas.		
Biomimetic as a design methodology Torben Lenau	-Formulación de los principios técnicos de diseño.		
¿Cómo elaborar estrategias de diseño? Biomimicry Institute	- Resumir los elementos clave de la investigación biológica, capturando cómo funciona para cumplir con la función que le interesa.		-Dibujar la estrategia biológica: hacer un boceto que muestre su comprensión de la estrategia biológica. Esto puede ser un bosquejo rápido y podría ser un ejercicio valioso mientras escribes la estrategia biológica, porque te ayudará a visualizar y luego verbalizar la estrategia.
Biomimicry design spiral Carl Hastrich	-Descubrir las estrategias que la naturaleza usa para realizar esas funciones. -Abstraer esas estrategias en términos técnicos. Y describir cómo funcionan en términos que tienen sentido para su profesión de diseño.		

Badarnah y Kadri afirman que la forma es el atributo más común para transferir del sistema natural a la arquitectura, y habla de la importancia de analizar la información estructural, los comportamientos y los esquemas de función. A su vez, López, Rubio, Martín y Croxford proponen que la mejora de las funciones para sobrevivir de una especie depende de su entorno particular y sus características morfológicas o estructurales, de acuerdo con la forma, tamaño, patrones o estructura.

RESULTADOS

En los análisis de las categorías de enfoque de los métodos no se relaciona o detalla, dentro de los aquí estudiados, qué manejo se realiza de los diferentes atributos extraídos del referente, se menciona únicamente la traducción a principios funcionales en cada método.

Para el análisis de los niveles de abstracción, se realizó una tabla en la que se pudieran evaluar todos los métodos, de acuerdo con las variables establecidas. Se encontró que, al analizar detalladamente los pasos de abstracción dentro de cada proceso, es casi nula la mención del análisis formal o estructural, a excepción de Gabriel Songel, quien establece dentro del análisis del referente el estudio de las relaciones formales y la comprensión de la naturaleza y organización de los materiales que se entiende como estructura.

En el análisis de los niveles de abstracción se encuentra, además, que es poco el manejo de los atributos en cuanto a categorización y aproximación a los principios de diseño, también es muy poca la observación y estudio que se realiza del referente natural en su entorno y sus comportamientos como base para el entendimiento de la especie en particular.

En términos generales, no hay un registro detallado, dentro de los métodos estudiados, de cómo realizar paso a paso la abstracción de las características del referente natural.

Se propone una herramienta metodológica, con el objetivo de dar una base para abstraer la estrategia natural para aplicar al diseño, la herramienta propone el estudio de la forma como principio fundamental de la función.

PROPIUESTA HERRAMIENTA METODOLÓGICA

La herramienta plantea el conocimiento de la especie con el propósito de abstraer posteriormente la estrategia y atributos de la naturaleza según su tipo. La selección de los elementos a analizar, en el paso «conocer la especie», se realizó a partir de métodos examinados y sus propuestas de abstracción.

Posterior al conocimiento de la especie, se plantea la abstracción de los atributos del referente natural y se selecciona el tipo de característica a extraer, según el análisis a las propuestas de algunos métodos estudiados.

De acuerdo con lo planteado en las tablas anteriores, se expone a continuación el paso a paso de la herramienta metodológica propuesta en este estudio.

LA FORMA ORIGINA LA FUNCIÓN

Pasos para abstraer atributos de la naturaleza para su posterior aplicación en objetos de diseño.

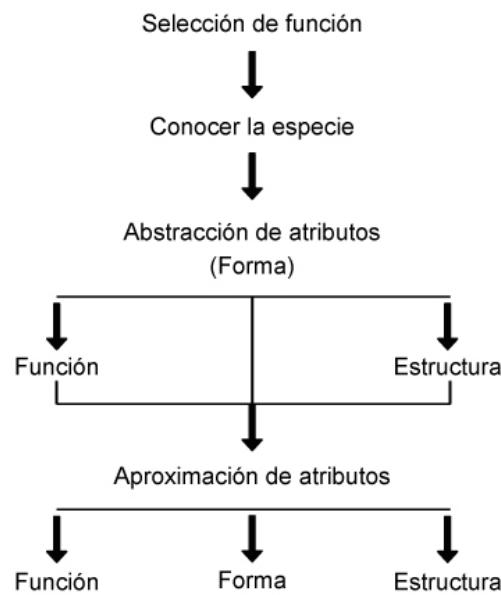


Figura 3. Pasos de la herramienta metodológica.

SELECCIÓN DE FUNCIÓN

Siguiendo a Hastrich (2006), se plantea la identificación de una o más funciones que se quiere que el elemento de diseño realice. Plantear una lista posible de funciones y seleccionar las funciones de interés, de esta manera será más fácil seleccionar especies que encaminen al objetivo final.

Se deben identificar las funciones y representarlas a manera de verbos, tal como lo indican Badarnah y Kadri (2014, p. 3).

CONOCER LA ESPECIE

Al inicio de todo proceso biomimético, es primordial conocer a profundidad el referente que se analiza para así asegurar el aprovechamiento del conocimiento y la realización adecuada del proceso para el desarrollo de un elemento inspirado en la naturaleza. Por lo tanto, se debe realizar un análisis de la especie, a través de la observación y estudio de sus características y comportamientos. Para esta etapa, se plantea entonces el estudio de:

- Adaptación: hace referencia a los comportamientos y cambios de la especie para adaptarse al entorno y a las relaciones de la especie con el ecosistema.
- Principio biológico: estudio en detalle que describa cómo el referente cumple la función de interés.

ABSTRACCIÓN DE ATRIBUTOS

Se propone para esta herramienta un análisis de las características morfológicas del referente, que le permiten realizar funciones (función), formas de organización (estructura) y/o que son de carácter estético (formal).

Para cada tipo de característica se deben tener en cuenta criterios como:

- Función: estructura funcional, esquema de función.
- Estructura: organización de los elementos del referente.
- Forma: relaciones formales, formas propias del organismo.

Se deben describir y registrar las características más representativas a través de diferentes herramientas, por ejemplo:

- Dibujos generales
- Dibujos de detalle
- Escritos / descripciones

- Moodboards
- Fotografías

APROXIMACIÓN DE ATRIBUTOS

A través de la identificación de características en la etapa anterior, se debe realizar la traducción de dichas características según su categoría (función, estructura, forma). Estos atributos se deben traducir en criterios que contribuyan al proceso de diseño, teniendo en cuenta el tamaño, proporción, contornos, texturas, color, por ejemplo:

- Función: traducir el referente a *movimientos, mecanismos, sistemas, actividades que lo representen
- Estructura: establecer en el referente *composiciones, partes, formas de organización.
- Forma: vincular el referente a *formas, colores, texturas que lo representen.

CONCLUSIONES

- En el punto de partida de cada método, ya sea desde el problema o desde la inspiración, la abstracción es un paso muy importante que define el desarrollo biomimético, es por esto que se toma la decisión de enfocarse únicamente en este proceso y proponer una herramienta metodológica de abstracción que pueda ser usada desde cualquier punto de partida.
- En la naturaleza, la forma se adapta y se transforma con el objetivo de que se pueda realizar una o varias funciones de una forma más útil para la especie. Se entiende la forma como la que posibilita la realización de estas funciones y la que da origen a la supervivencia de las especies. La forma se modifica en función de alcanzar un objetivo, en este sentido plantear un análisis morfológico es importante para el proceso de abstracción, ya que en la forma y desde ella se puede observar y entender funciones y estructuras que se desarrollan a partir de esta.
- La observación permite trasladar el proceso natural al proceso de diseño y generar conocimiento e interés en patrones naturales y formas que solo la naturaleza puede crear.
- El planteamiento de la propuesta metodológica y su ejecución permite entender a mayor profundidad la especie.
- El estudio y el entendimiento de las características formales de la especie permiten el reconocimiento, de manera más sencilla, de las funciones que la especie puede desarrollar a través de la forma.

- La ejecución de la propuesta metodológica puede realizarse desde dos puntos de partida en el desarrollo biomimético, ya sea desde el problema (la función que se quiere realizar) o desde la inspiración (pensando en la especie sobre la que se quiere diseñar).

INVESTIGACIONES FUTURAS

- Con el uso de la herramienta metodológica desarrollada, se establece la posibilidad de generar una base de datos que permita describir y registrar atributos encontrados en la naturaleza para la posterior aplicación en objetos, teniendo en cuenta que, desde el enfoque inspiración/solución, son muchas las posibles alternativas que se pueden desarrollar.
- Es necesario realizar una prueba que permita evaluar a profundidad detalles dentro de cada característica (forma, función, estructura) y que sea distintiva entre la aplicación al producto y a la herramienta en general.

REFERENCIAS

- BADARNAH, L. y Kadri, U. (2014). *A methodology for the generation of biomimetic design*. Delft University of Technology.
- BALDUSSU, A. (2014). *A problem solving methodology for the development of bio-inspired products. Systematic use of natural design principles for designers without biological knowledge* [tesis de doctorado]. Politecnico di Milano.
- BENYUS, J. M. (2009). *Biomimicry: Innovation inspired by nature*. Harper Collins e-books.
- HASTRICH, C. (2006). The biomimicry design spiral. *Biomimicry Newsletter*, 4(1), 5-6.
- HELM, M. Vattam, S. y Goel, A. (2009). *Biologically inspired design: process and products*. Georgia Institute of Technology.
- LENAU, T. A. (2009). Biomimetics as a Design Methodology - Possibilities and Challenges. En M. Bergendahl, et al. DS 58-5: Proceedings of ICED 09, the 17th International Conference on Engineering Design (pp. 121-132).
- LÓPEZ, M., Rubio, R., Martín, S. y Coxford, B. (2016). How plants inspired façades, from plants to architecture: Biomimetic principles for the development of adaptive architectural envelopes. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 67, 692-703.
- LÓPEZ-FORNIÉS, I. y Berges-Muro, L. (2014). Aproximación al diseño biomimético. *Dyna*, 81(188), 181-190.
- MAK, T. W., & Shu, L. H. (2004). Abstraction of Biological Analogies for Design. *CIRP Annals*, 53(1), 117-120.
- REAL Academia Española (2020). *Diccionario de la lengua española*. Espasa.
- SONGEL, G. (1994). Naturaleza, diseño e innovación: propuesta metodológica. *Temes de disseny*, (10), 265-276.
- WILLIAMS, C. (1983). *Los orígenes de la forma*. Editorial Gustavo Gilli.