

# **YouTube: Herramienta de documentación para Diseño Bioinspirado**

López-Forniés Ignacio

Departamento de Ingeniería de Diseño y Fabricación. Universidad de Zaragoza.  
C/ María de Luna, 3 (Edificio Torres Quevedo). 50018, Zaragoza (España).  
ignlopez@unizar.es

**RESUMEN:** En Diseño Bioinspirado la calidad de las fuentes de información para conocer el ser vivo a estudio es crítica. Una aproximación con vídeos de YouTube sirve para iniciar las búsquedas, comenzar a entender el principio biológico a estudio y usar palabras clave para búsquedas más precisas. Las búsquedas iniciales se van completando en un mapa mental que permite ver las trayectorias y las conexiones.

**KEYWORDS:** Diseño Bioinspirado, Investigación en diseño, documentación biológica, YouTube, Estímulos visuales.

## **1. INTRODUCCIÓN**

Comprender los principios biológicos de la naturaleza y cómo inspirar y aplicarlos como principios de ingeniería es difícil para el diseñador que se enfrenta por primera vez a un proyecto de diseño bioinspirado. El material existente en la web sobre seres vivos tiene un gran valor pedagógico para el diseñador, es un recurso rápido y efectivo que muestra la naturaleza y facilita su comprensión de principios funcionales, estructuras, materiales, formas colores y texturas. El material recomendado para el inicio se encuentra en forma de vídeos, y se completa con conferencias, grabaciones de audio, material fotográfico, ilustraciones o diagramas que explican con mayor o menor profundidad el comportamiento de los seres vivos. Los diferentes niveles de conocimiento permiten llevar la solución de diseño a diferentes niveles de detalle, desde la inspiración formal hasta la asimilación de funciones, la replicación de estructuras o el diseño de nuevos materiales, incluido el diseño de robots basados en seres vivos.

La primera aproximación para el diseñador novel es mediante casos y ejemplos de diseño bioinspirado, enseñando un método de diseño creativo a través de una variedad de fuentes de información en varios formatos. El método creativo basado en analogías, relaciona los problemas de diseño análogos en el ámbito del diseño con aquellos que ya están resueltos en la naturaleza como principio de solución (Fu, Moreno, C. Yang, & Wood, 2014).

El trabajo con vídeos y recursos de estimulación visual para el proceso creativo tiene un objetivo doble. El primero lograr un efecto de sorpresa para captar la atención y generar fascinación, una inquietud por conocer más detalles.

El segundo es aprender con la relación análisis-síntesis, el trabajo con material didáctico relacionado con la biología conduce a conclusiones útiles para la producción de ideas y conceptos de diseño.

Los primeros materiales utilizados en diseño bioinspirado se basaron en recursos escritos y gráficos, como los que se encuentran en libros e ilustraciones que relacionan naturales y diseño o ingeniería (Bar-Cohen, 2006; Cohen & Vogel, 2010; Thompson & Bonner, 2014). Estas referencias clásicas, contienen gráficos y dibujos para ilustrar aplicaciones de la naturaleza en el diseño. Hace menos de dos décadas, el contenido digital era escaso. Hoy en día, el acceso a la red de redes es algo habitual y fácilmente adaptable a la creación de materiales de aprendizaje. Además, las tecnologías y herramientas de imagen digital han avanzado y se han democratizado, permitiendo la generación de contenido para mostrar procesos complejos. A día de hoy la tomografía, los rayos x, el microscopio electrónico etc. dan un amplio potencial de presentar ciencia biológica de manera didáctica y fácil de comprender para trabajar en diseño e ingeniería.

En diseño los aspectos visuales y comunicativos son esenciales no solo forman parte del aspecto físico del producto que se representa por la función estético-formal, sino que también expresan funciones del lenguaje como las funciones simbólica e indicativa que dependen de la propia funcionalidad del signo (Bürdek, 1994).

En este trabajo se plantea el aprovechamiento de los recursos de la red y las bases de datos para generar el aprendizaje y posteriormente que los diseñadores noveles generen sus búsquedas para resolver problemas de diseño.

Las competencias en investigación de los diseñadores noveles se quedan en cortas búsquedas en la red sin profundidad ni calidad. Por esta razón se estructura una forma de trabajo que les habitúe a completar sus búsquedas para encontrar lo que realmente buscan y les ayude a diseñar, y que les enseñe a superar las dificultades que encuentran. En este trabajo se describe la forma de trabajar con fuentes de información, el significado de principio biológico e ingenieril y la técnica creativa de analogías.

## **2. DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA**

El trabajo aquí propuesto no se puede definir como técnica, método o metodología, se trata más bien de un proceso estructurado de investigación basado en tres fases. La inicial en la que se crea un mapa mental para registrar las fuentes de información y trazar las estrategias de búsqueda, definiendo su cantidad y calidad. Una fase intermedia para la interpretación de la documentación recopilada, en la que se define el principio biológico y el principio ingenieril por medio de analogías. Y una fase final en la que se aplica sobre el diseño de producto. Este trabajo describe la primera fase y sus resultados.

La analogía es una técnica de creatividad que se basa en el pensamiento asociativo (Benami & Jin, 2002), en diseño bioinspirado relaciona la solución de la naturaleza con el problema de diseño. Se fundamenta en el establecimiento de semejanzas entre elementos aparentemente disimilares o aislados inicialmente;

por ejemplo, la semilla del *Arctium lappa* con el *Velcro*. Por medio de la analogía se hace una representación mental del objetivo análogo, se debe expresar la característica a observar en la naturaleza. Mediante una búsqueda, selección y recuperación de análogos potencialmente relevantes y conocidos, se seleccionan los mejores candidatos de la naturaleza. Y finalmente se establece la correspondencia entre los componentes del principio biológico y del problema a resolver o principio ingenieril.

Definimos principio biológico (López-Forniés & Berges-Muro, 2012) como la base o razón fundamental que da sentido y explica un fenómeno que se da en la naturaleza, ya sea de carácter funcional, estructural, material, formal, comunicativo o de conducta. Llamamos principio ingenieril a la justificación y demostración del principio técnico obtenido de la transformación del principio biológico, es decir, es una explicación técnica razonada y útil que toma como base de entendimiento un fundamento de la naturaleza, sea del carácter que sea, aunque principalmente se busca por su función (tipo orgánico), estructura, material, etc.

Para realizar las búsquedas se muestran diferentes recursos y su utilización al diseñador novel de modo que pueda ser autónomo en su trabajo futuro. En la tabla se presentan varios tipos de fuente de información, todos en la red y con una base visual muy potente.

Tabla 1. Tipos de fuentes de información para diseño bioinspirado

Tipo	Fuentes de información
Vídeos en la web	Son espacios de difusión de contenidos digitales. YouTube y Vimeo y sus canales científicos. Charlas TED Talks y TED education.
Wikipedia y enciclopedias	Wikipedia y enciclopedias de biología ("Biologyreference," 2019; National Museum of Natural History, 2019; Rittel & Webber, 1973)
Redes Sociales	Son espacios para compartir contenidos digitales. YouTube y Vimeo, redes sociales como Facebook con sus entradas (AskNature.org, 2012; The Biomimicry Institute, 2019), Researchgate (ResearchGate GmbH, 2019) o grupos de LinkedIn como Biomimicry Europa, Biomimicry & Innovation o Biomimetics Forum.
Blogs y foros de biología	Ver o hacer consultas ("Biology-online," 2019; "Naturacuriosa," 2014; FAD, 2019; Makower, 2019; Moren, 2010).
Recursos especializados	Webs de otras universidades (Stanford University, 2019; Travers & Choset, 2019) o centros de investigación (Erb & Rudolph, 2019; Swedish Biomimetics 3000 Ltd, 2019; Yen, 2019). Webs de material fotográfico (Ahmed, 2018; Ortega, Orta, & García, 2019; "Treknature," 2018; "Warren Photographic," 2019), de taxonomía (National Center for Biotechnology Information, 2019) y similares con información científica relacionado con biología (Lison, 2019).
Webs de empresas	Empresas que hacen productos con diseño bioinspirado y que tienen recursos digitales para mostrar sus resultados (Festo, 2019). También, existen empresas que tienen sus contenidos en redes como LinkedIn, Twitter, Xing o Facebook.
Revistas científicas	Bases de datos de revistas científicas como Scopus o Science Direct, por medio de accesos de las bibliotecas universitarias, en las que se encuentran revistas específicas como Bioinspiration & Biomimetics o Zygote Quarterly (Full, 2019; Hoeller, 2018).

## 2.1. Aprender con un ejemplo

Se ha observado que los diseñadores noveles experimentan dificultades en encontrar información de calidad en las primeras tentativas y se quedan en una documentación muy superficial. Por esta razón se les muestra un método sencillo de hacer que sus búsquedas sean más completas y de mayor calidad. Se entiende por completas que la cantidad de información para desarrollar la analogía entre los principios biológico e ingenieril es suficiente. Se entiende de calidad (López-Forniés & Berges-Muro, 2012) que la información obtenida es de fuentes fiables con un grado de detalle que supera las necesidades para plantear las analogías.



Figura 1. Grados de analogía en la relación principio biológico/ingenieril

Cuando la cantidad y calidad de la información es baja los resultados son meros parecidos, basados en una inspiración, normalmente de carácter formal o simbólico y con un principio ingenieril pobre por tener un grado de resolución técnica bajo. Mientras que si la cantidad y calidad son altas el parecido puede llegar a replicar o copiar la naturaleza y la definición técnica es muy alta por lo que el valor de la solución es más alto. Estas dos afirmaciones sobre la cantidad y calidad de la información se deben ajustar a los objetivos del proyecto, si son más técnicos o más formales (fig. 1).

La forma de trabajar se explica al novel mediante un ejemplo. Se presenta la característica de un ser vivo y como aplicar diseño en diversos ámbitos. Esta característica es el motivo central del mapa mental (fig. 2), el objetivo es conocer ejemplos de superficies dinámicas o superficies visualmente cambiantes en la naturaleza.

En el primer paso se presenta un vídeo de un pulpo (Hanlon, 2012a) en el que se va a mostrar la característica de camuflaje. Este vídeo es tan sorprendente e increíble que incluso a cámara lenta y marcha atrás crea fascinación y genera intriga sobre el mecanismo utilizado para llegar a conseguir la característica descrita. Aquí se consigue el efecto de fijar la atención y se refuerza con los siguientes estímulos. Seguidamente se presenta un vídeo de una sepia (BBC, 2012) que exhibe la misma característica, pero con un fin distinto y para terminar se presenta un vídeo (Marine Biological Laboratory, 2016) de un estudio en laboratorio de cómo esta característica se ha estudiado en la sepia y otro vídeo sobre el pulpo (Hanlon, 2012b). Tras la visualización de cada vídeo se pide a los diseñadores noveles que expresen sus opiniones y que describan como puede conseguir hacer algo tan increíble, para ellos todavía no tiene explicación, incluso después de ver un vídeo de una experiencia de laboratorio. Entonces se muestra un material gráfico desarrollado que explica de manera sencilla cuál es el principio

de funcionamiento, esta explicación permite una aproximación de manera abstracta y poco científica (AskNature.org, 2012).

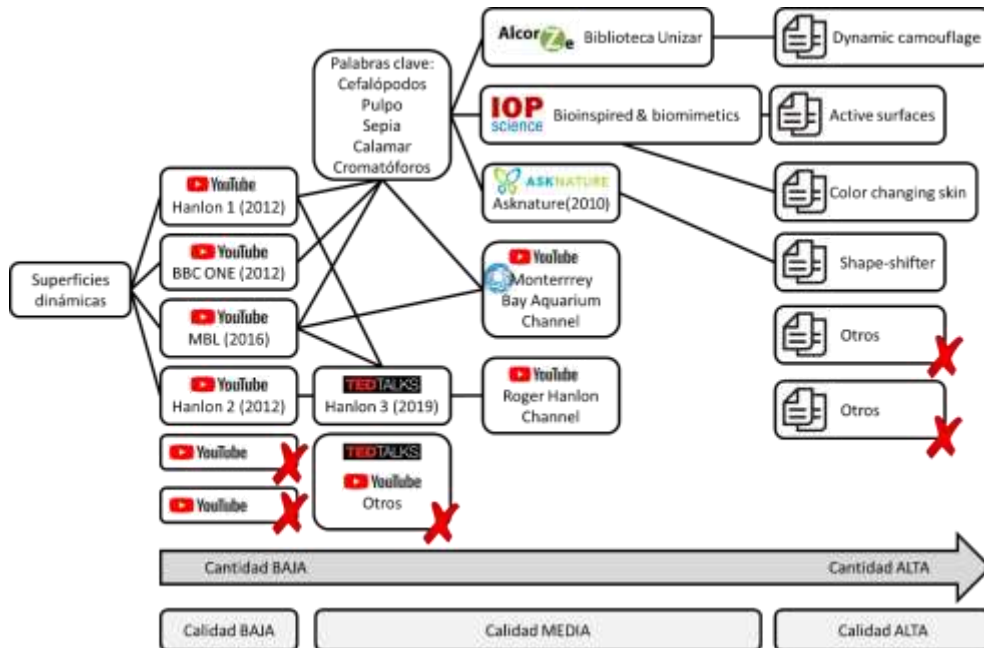


Figura 2. Mapa mental del proceso de trabajo y búsqueda.

Como primer resultado se consigue el efecto de fascinación, comenzar a comprender que puede hacer una superficie dinámica, que hay diferentes individuos en la naturaleza que dominan ese mecanismo y mejorar el vocabulario científico al manejar algunas palabras más técnicas para continuar con búsquedas más específicas. A continuación, se amplían las fuentes de información a bases de datos de revistas científicas de Unizar, charlas TED de especialistas, canales especiales de YouTube y una revista científica especializada. Se detectan varios autores con mucha experiencia y se hacen búsquedas más concretas lo que da como resultado otros vídeos (Hanlon, 2020; Monterey Bay Aquarium, 2020; TEDTalks, 2019) y artículos (Gero & Kannengiesser, 2004; Hanlon, 2007; Woolley-Barker, 2012; Zylinski, Darmailacq, & Shashar, 2012) de carácter científico.

Una vez descrito el principio biológico con dos niveles de información, uno conceptual y poco detallado, y el otro científico y con mucho detalle, se muestran varios ejemplos de aplicación en diseño, de cómo la característica camuflaje puede ser transformada y aplicada en productos. Del mismo modo hay ejemplos conceptuales y poco detallados que representa abstracciones de la superficie dinámica, un cambio en la reflexión de la iluminación (Rozin, 2007) y un cambio en una matriz de píxeles (Troika, 2008), que son representaciones artísticas. Ha continuación se presentan otras aplicaciones más complejas y tecnológicas que implican un mayor conocimiento del fenómeno descrito, están relacionadas con fachadas que cambian de textura y exhiben patrones visuales cambiantes (Arup, 2008; WhiteVOID, 2008).

En la figura 2 se muestran algunos enlaces o documentos que no se utilizarán, marcados con un aspa roja, y que se descartan para el desarrollo de cada uno de los ejercicios.

En el proceso han pasado de algo desconocido, sorprendente e inicialmente inexplicable a algo tangible físico y replicable por ellos mismos y además han comprendido los diferentes niveles de abstracción de un concepto de biología difícil de explicar.

## **2.2. Aprender con una experiencia**

Para completar el aprendizaje se plantean dos tipos de ejercicios al diseñador novel. El primero y más sencillo donde la inspiración es el nivel objetivo, pero no el límite. Y un segundo ejercicio en el que, partiendo de un caso de diseño bioinspirado, deben recopilar información de alta calidad, más allá de la presentada en el propio caso y hacer una descripción detallada del principio biológico e ingenieril.

El primer ejercicio se trata de una investigación sobre una característica destacable por Forma, Color y Textura que una vez estudiada establece la relación con el significado del individuo en la naturaleza por sus rasgos característicos para aplicarlos al diseño de un objeto. Se estudiará la posible analogía y se describirán o esquematizarán dichas características. Utilizando el conocimiento adquirido se representará en el diseño del objeto. El diseñador novel hace observaciones y un análisis del significado de los rasgos del individuo en la naturaleza, para una posterior aplicación a la relación entre el significado y el objeto.

La segunda actividad se trata de la conceptualización de una función o una prestación de un producto partiendo de analogías. Se inicia con la documentación de un caso práctico relacionado con un objetivo creativo. Por medio de búsquedas en repositorios (AskNature.org, 2017; Hüttmeir, 2018; The Biomimicry Institute, 2019) elige un caso y analiza si la información es suficiente para la descripción de los principios biológico e ingenieril y la definición de la analogía entre ambos. En caso de no ser suficiente el diseñador novel debe profundizar en la búsqueda y tratar de encontrar otros contenidos que permitan describir ambos principios y su relación, tal y como se le mostro de manera teórica por medio de un ejemplo. Una vez la analogía está descrita debe ser capaz de explicar una manera alternativa de aplicar dicha analogía en su diseño y proyecto y realizar una representación visual de cómo se realiza. El objetivo de esta tarea es que el diseñador novel sea capaz de hacer búsquedas de casos en base a una función deseada, que tenga el criterio suficiente para saber si esa información es suficiente o si debe profundizar, e incluso que encuentre información en diferentes fuentes. Se trata de un ejercicio de investigación documental, se hace un análisis del caso y una descripción del mismo con los que definir los rasgos que caracterizan el principio o fundamento de la naturaleza y como se aplican al objeto. A partir de este punto se relacionan esos rasgos o principios por medio de características ingenieriles, mecánicas, físicas, químicas, etc. describiéndolas y esquematizándolas. Utilizando esta información se plantea el diseño de un objeto a nivel conceptual partiendo de la analogía utilizada.

En ambas actividades hay un seguimiento y tutela del avance de su proyecto, se presta ayuda en caso de que los recursos de información no cumplan con los requisitos mínimos y se recuerdan las estrategias para conseguir información de mayor calidad.

### **3. RESULTADOS**

Se muestran en este apartado los resultados de un grupo de 14 diseñadores noveles, que se encuentran en el cuarto curso del grado de Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo de Producto en la Escuela de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de Zaragoza, estos diseñadores noveles cursan la asignatura optativa llamada Diseño Bioinspirado de 6 ECTS (150 horas equivalentes). Y han realizado los dos ejercicios descritos anteriormente.

En la figura 3 se observa un mapa mental que representa la búsqueda completa de ambos ejercicios y las diferentes trayectorias desarrolladas, se diferencian los temas elegidos, las conexiones que contienen un link a una web, vídeo o archivo y los que se han utilizado para comprender el principio biológico y o explicar el principio ingenieril. En el mapa mental existen muchas más referencias y documentos que los utilizados finalmente lo que evidencia la criba de resultados en la búsqueda. Todos los diseñadores han desarrollado su mapa mental, algunos muy sencillo y con escasas referencias y otros, como el que aparece en la figura 3, muy completos en cantidad y con documentos de mucha calidad.

El objetivo del primer ejercicio se ha logrado, todos los diseñadores noveles han encontrado un vídeo para mostrar a sus compañeros la característica formal elegida. El vídeo se ha utilizado para seleccionar un fragmento y generar interés en sus compañeros que después han votado por medio de la herramienta Kahoot. Esta actividad se realiza para compartir la información y crear un debate tras la votación, comentando las características más sorprendentes o visualmente más atractivas. Los resultados de la votación no coinciden con los indicadores de calidad y cantidad de información A, B, C y D que aparecen en la tabla 2, ya que en la votación solo se pide a los diseñadores que evalúen el impacto y atractivo visual, se plantea como una actividad lúdica y didáctica ya que deben explicar y justificar su elección ante sus compañeros.

El indicador A es para aquellos ejercicios que tienen una cantidad suficiente de información y de calidad, obtenida en fuentes contrastadas como son artículos científicos web de empresas, patentes, etc, tan solo 2 de 14 (14%) han obtenido este indicador. El indicador C es para aquellos ejercicios cuya información es escasa en cantidad o de pobre calidad, y que cumplen escasamente las expectativas, son 7 de 14 (50%). El indicador B es para aquellos ejercicios que superan las expectativas, pero no cumplen en cuanto a cantidad o calidad en alguno de los ejercicios, son 5 de 14 (36%).

El segundo ejercicio se consigue parcialmente ya que no todos han utilizado un vídeo para mostrar el caso elegido. Además, algunos diseñadores no han conseguido información de calidad suficiente. Los indicadores numéricos representan la cantidad de registros que presenta cada diseñador, mientras que la primera fila representa la calidad de las fuentes, comenzando con la más básica encontrada en vídeos de YouTube o similares, hasta la más completa y detallada extraída de artículos científicos o patentes. Las Redes Sociales no se han utilizado en ninguno de los dos ejercicios, parece paradójico que diseñadores tan jóvenes



muy habituados a comunicarse con RRSS no hagan uso de las mismas para hacer sus búsquedas, a pesar de que existe presencia en Facebook, LinkedIn, Instagram o Twitter. Los resultados para el primer ejercicio se ajustan al objetivo, fuentes muy visuales y útiles para la inspiración formal y comunicativa, más próximas a la divulgación (99 de 142, 70%) que a la investigación (43 de 142, 30%). En el segundo ejercicio los resultados se ajustan al objetivo, pero hay diseñadores que no lo cumplen satisfactoriamente, con indicador C el 50%. Respecto a la cantidad es mayor que en el primer ejercicio (152 respecto de 142) y está muy dividida entre fuentes relacionadas con la divulgación (82 de 152, 54%) y las científicas o de investigación (70 de 152, 46%), aunque cabría esperar que el reparto fuera 30/70, el inverso del primer ejercicio.

Diseñador novel	Ejercicio 1								Ejercicio 2								Cantidad y calidad	Votación Kahoot
	Youtube	wikis	RRSS	blogs	Especializados	Web empresas	Científicos	referencias totales	Youtube	wikis	RRSS	blogs	Especializados	Web empresas	Científicos	referencias totales		
1	4	8	0	15	0	0	0	27	5	0	0	13	6	0	3	27	B	525
2	5	2	0	1	0	0	3	11	1	2	0	2	2	0	0	7	C	950
3	4	0	0	0	1	0	0	5	1	0	0	0	4	0	0	5	C	575
4	1	5	0	3	7	0	3	19	0	5	0	3	7	0	3	18	B	800
5	3	0	0	0	4	0	0	7	0	0	0	2	1	0	0	3	C	825
6	2	1	0	0	1	2	2	8	2	0	0	2	0	0	5	9	A	950
7	3	2	0	4	1	0	0	10	3	2	0	8	3	3	1	20	B	375
8	2	2	0	0	0	0	0	4	2	0	0	1	1	1	1	6	C	1100
9	6	1	0	1	2	0	1	11	0	1	0	6	1	0	1	9	B	825
10	1	1	0	1	6	0	0	9	0	1	0	2	1	1	0	5	C	900
11	2	1	0	5	1	0	0	9	3	0	0	4	1	0	0	8	C	875
12	4	1	0	1	0	0	0	6	1	1	0	4	0	0	0	6	C	175
13	1	2	0	0	3	0	5	11	2	0	0	2	3	2	10	19	A	900
14	4	0	0	0	1	0	0	5	1	0	0	0	2	2	5	10	B	700
suma	42	26	0	31	27	2	14	142	21	12	0	49	32	9	29	152		
promedio	3	2	0	2	2	0	1	10	2	1	0	4	2	1	2	11		

Tabla 2. Resultados de los ejercicios de los diseñadores noveles.

#### 4. CONCLUSIONES

Es evidente que los diseñadores noveles han sabido utilizar un recurso cada vez más especializado como es YouTube y sus canales científicos, tomándolo como punto de partida en sus ejercicios y relacionándolo con las siguientes búsquedas, gracias a términos científico/técnicos, autores destacados o links en los propios canales.

La parte didáctica de mostrar un ejemplo es necesaria para que los diseñadores noveles se inicien en la investigación documental necesaria en diseño bioinspirado, y para tener algunas referencias donde comenzar su experiencia. Se ha comprobado que el establecer una estrategia de búsqueda ayuda al novel. Quienes lo han aplicado de manera rigurosa han obtenido buenos resultados tanto

en la cantidad de información como en la calidad de la misma, aquellos que lo han aplicado de manera vaga tan solo han logrado el mínimo nivel.

Por otra parte, se percibe en los resultados de los diseñadores que el grado de analogía en la relación principio biológico/ingenieril (fig. 1) depende de la cantidad y calidad de la información, siendo los aspectos más divulgativos los utilizados en ejercicios de inspiración estético-formal o con funciones indicativas y simbólicas. Y los aspectos más técnicos y científicos en ejercicios que tienen un objetivo orientado a la funcionalidad, las estructuras, los materiales o el desarrollo de producto. El diseñador novel puede usar esta experiencia para hacer sus propios proyectos de diseño; analizando la necesidad, detectando la fuente de información, profundizando su conocimiento, traduciendo el principio biológico a un principio de ingeniería, y finalmente generando su propio material de presentación que explican su diseño completamente.

## REFERENCIAS

- Ahmed, A. (2018). ZipcodeZoo. Retrieved from <https://zipcodezoo.com/>
- Arup. (2008). National Aquatics Center (Water Cube). Retrieved from <https://www.arup.com/projects/chinese-national-aquatics-center>
- AskNature.org. (2012). ASK Nature.
- AskNature.org. (2017). Biomimicry Taxonomy. Retrieved from <https://asknature.org/resource/biomimicry-taxonomy/#.XlZuv7h7k2x>
- Bar-Cohen, Y. (2006). *Biomimetics: Biologically inspired technologies*. (Y. Bar-Cohen, Ed.), Taylor and Francis. Boca Raton, FL: CRC/Taylor & Francis.
- BBC. (2012). *Can Cuttlefish camouflage in a living room?* Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=pgDE2DOIcuc>
- Benami, O., & Jin, Y. (2002). Creative stimulation in conceptual design. In *Proceedings of the ASME Design Engineering Technical Conference* (Vol. 4, pp. 251–263). Affiliation: IMPACT Laboratory, University of Southern California, Los Angeles, CA 90089-1111, United States; Affiliation: Dept. of Aerospace Engineering, University of Southern California, Los Angeles, CA 90089-1453, United States. Retrieved from <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0036977045&partnerID=40&md5=20b6bb47b481ef32f1373f2040187ebf>
- Biology-online. (2019). Retrieved from <https://www.biology-online.org/>
- Biologyreference. (2019). Retrieved from <http://www.biologyreference.com/>
- Bürdek, B. E. (1994). *Diseño : historia, teoría y práctica del diseño industrial*. Barcelona: Barcelona : Gustavo Gili.
- Cohen, E. A., & Vogel, S. (2010). Cat's Paws and Catapults: Mechanical Worlds of Nature and People. *Foreign Affairs*. <https://doi.org/10.2307/20049153>
- Erb, R., & Rudolph, J. (2019). BIONIKON - Das Bionik-Kompetenznetz. Retrieved from <http://www.biokon.de/>
- FAD. (2019). MaterFAD. Centro de materiales de Barcelona. Retrieved from [blog.materfad.com](http://blog.materfad.com)
- Festo. (2019). BionicsLab – Lernen von und mit der Natur. Retrieved from <https://www.festo-didactic.com/at-de/lernsysteme/technik-fuer-allgemeinbildende-schulen/bionicslab-lernen-von-und-mit-der-natur.htm?fbid=YXQuZGUuNTMzLjEzLjE4LjE0MDMuNzlyMg>
- Fu, K., Moreno, D., C. Yang, M., & Wood, K. (2014). *Bio-Inspired Design: An Overview Investigating Open Questions From the Broader Field of Design-by-Analogy*. *Journal of Mechanical Design* (Vol. 136). <https://doi.org/10.1115/1.4028289>
- Full, R. J. (2019). Bioinspiration & Biomimetics. Retrieved from <https://iopscience.iop.org/journal/1748-3190>
- Gero, J. S., & Kannengiesser, U. (2004). The situated function–behaviour–structure framework. *Design Studies*, 25(4), 373–391. <https://doi.org/http://dx.doi.org.roble.unizar.es:9090/10.1016/j.destud.2003.10.010>
- Hanlon, R. (2007). Cephalopod dynamic camouflage. *Current Biology*, 17(11), R400–R404.
- Hanlon, R. (2012a). *Octopus vulgaris Camouflage Change*. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=JSq8nghQZqA%0A>

- Hanlon, R. (2012b). *Skin Close-ups of a Live Octopus rubescens Expressing its Skin Papillae*. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=UWxr8oIkOdU&list=PLrUmRckPE907dyJD027NLOXTjSUGUbBXz&index=5%0A>
- Hanlon, R. (2020). *Roger Hanlon YouTube channel*. Retrieved from <https://www.youtube.com/channel/UCONGRtyPCB8h8ODZkxMpPwQ>
- Hoeller, N. (2018). *Zygote Quarterly*. Retrieved from <https://zqjournal.org/>
- Hüttmeir, S. (2018). *Bionik. Innovation aus der Natur*. Retrieved from [https://www.ooe-zukunftsakademie.at/Bionik\\_nextpractice\\_2018.pdf](https://www.ooe-zukunftsakademie.at/Bionik_nextpractice_2018.pdf)
- Lison, F. (2019). *Animalandia*. Retrieved from <http://herramientas.educa.madrid.org/~fernando/animalandia/>
- López-Forniés, I., & Berges-Muro, L. (2012). Conceptual product design. Biomimetic approach for functional improvement. *Dyna*, 87(1), 35–44. Retrieved from <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84858162833&partnerID=40&md5=80da2de3929fd1b8af998f549acc4e9c>
- Lopez Forniés, I., & Berges Muro, L. (2010). Relation between biomimetic and functional analysis in product design methodology. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 138. <https://doi.org/10.2495/DN100271>
- Makower, J. (2019). *GreenBiz*. Retrieved from <https://www.greenbiz.com/>
- Marine Biological Laboratory, M. (2016). *Cuttlefish camo experiment (checkerboard & sand)*. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=TmYRFKkstyA&feature=youtu.be>
- Monterey Bay Aquarium. (2020). *Monterey Bay Aquarium YouTube channel*. Retrieved from <https://www.youtube.com/channel/UCnM5iMGiKsZg-iOII02ZkdQ%0A>
- Moren, R. (2010). *Bionica y Diseño*. Retrieved from <http://bionicaydiseno.blogspot.com/>
- National Center for Biotechnology Information. (2019). *National Center for Biotechnology Information*. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>
- National Museum of Natural History. (2019). *Encyclopedia of Life (EOL)*. Retrieved from <https://eol.org/>
- Naturacuriosa. (2014). Retrieved from <http://naturacuriosa.blogspot.com/>
- Ortega, F., Orta, J., & García, J. L. (2019). *Fotonatura.org*. Retrieved from <http://www.fotonatura.org/>
- ResearchGate GmbH. (2019). *ResearchGate*. Retrieved from <https://www.researchgate.net/>
- Rittel, H. W. J., & Webber, M. M. (1973). Dilemmas in a general theory of planning. *Policy Sciences*, 4(2), 155–169.
- Rozin, D. (2007). *Peg mirror*. Retrieved from <https://www.smoothware.com/danny/pegmirror.html>
- Stanford University. (2019). *Biomimetics and Dexterous Manipulation Lab*. Retrieved from <http://bdml.stanford.edu/>
- Swedish Biomimetics 3000 Ltd. (2019). *Swedish Biomimetics 3000*. Retrieved from <https://sb3000.tech/>
- TEDTalks. (2019). *Roger Hanlon TED Talks*. Retrieved from [https://www.ted.com/talks/roger\\_hanlon\\_the\\_amazing\\_brains\\_and\\_morphing\\_skin\\_of\\_octopuses\\_and\\_other\\_cephalopods?language=es%0A](https://www.ted.com/talks/roger_hanlon_the_amazing_brains_and_morphing_skin_of_octopuses_and_other_cephalopods?language=es%0A)
- The Biomimicry Institute. (2019). *The Biomimicry Institute*. Retrieved from <https://biomimicry.org/>
- Thompson, D. W., & Bonner, J. T. (2014). *On growth and form. On Growth and Form*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107589070>
- Travers, M. J., & Choset, H. (2019). *Biorobotics Lab*. Retrieved from <http://biorobotics.ri.cmu.edu/index.php>
- Treknature. (2018). Retrieved from <https://www.treknature.com/>
- Troika. (2008). *Cloud*. Retrieved from <http://troika.uk.com/project/cloud/>
- Warren Photographic. (2019). Retrieved from <https://www.warrenphotographic.co.uk/>
- WhiteVOID. (2008). *FLARE Facade*. Retrieved from [https://www.whitevoid.com/#/main/architecture\\_spaces/flare\\_facade/flare01thumb](https://www.whitevoid.com/#/main/architecture_spaces/flare_facade/flare01thumb)
- Woolley-Barker, T. (2012). Learning from the master shape-shifter. *Zygote Quarterly*, 04(winter), 10–27. Retrieved from [https://issuu.com/eggermont/docs/zq\\_issue\\_04\\_final/10?e=15278665/11095718](https://issuu.com/eggermont/docs/zq_issue_04_final/10?e=15278665/11095718)
- Yen, J. (2019). *Center for Biologically inspired design*. Retrieved from <http://www.cbid.gatech.edu/>
- Zylinski, S., Darmaillacq, A.-S., & Shashar, N. (2012). Visual interpolation for contour completion by the European cuttlefish (*Sepia officinalis*) and its use in dynamic camouflage. *Proceedings: Biological Sciences*, 279(1737), 2386. Retrieved from <https://www.jstor.org/stable/41549550>