

## Biomimicry: una epistemología en construcción

Carlos Fiorentino <sup>(1)</sup> y Kira Hunt <sup>(2)</sup>

---

**Resumen:** La biomimesis (biomimicry) aún con su metodología y su campo teórico mayormente establecido, no es considerada una disciplina de diseño todavía, o en el mejor de los casos, es sólo considerada como una disciplina emergente. La epistemología de la biomimesis es un proyecto en ejecución, una disciplina en construcción. Este artículo propone una breve revisión conceptual y contextual de la biomimesis, un repaso de su contenido metodológico, y una descripción del presente y futuro de la disciplina emergente.

**Palabras clave:** Biomimesis - Diseño Sustentable - Bio-afiliación - Biocentrismo - Bioprincipios - Metodología.

[Resúmenes en inglés y portugués en la página 129]

---

<sup>(1)</sup> El doctor Carlos Fiorentino es docente, investigador y profesional del diseño, nacido en Argentina y arraigado en Canadá desde 2006. Su trabajo de doctorado en la Universidad de Alberta fue dedicado a las teorías del biocentrismo, la biomimesis, y estudios de color estructural (2020). El Dr. Fiorentino es docente de diseño en la Universidad de Alberta y la Universidad Grant MacEwan en Canadá. También ha trabajado profesionalmente en el campo de la comunicación visual por casi treinta años, y ha sido parte de varios grupos de investigación en el área digital de las ciencias sociales y humanidades. El Dr. Fiorentino es co-fundador y miembro activo de Biomimicry Alberta, y asesor del Comité de Educación sobre la Sustentabilidad para la Universidad Grant MacEwan y del Consejo para la Sustentabilidad de la Universidad de Alberta. En quince años de carrera académica, recibió cerca de cuarenta premios y distinciones por sus estudios, investigaciones y su trabajo docente. El Dr. Fiorentino ha publicado un gran número de artículos académicos y contribuido a cinco libros vinculados al diseño, así como también ha presentado en más de cuarenta congresos y simposios internacionales.

<sup>(2)</sup> Kira Hunt es técnica profesional en paisajismo, ha trabajado en proyectos de diversos gobiernos municipales y parques de Canadá, especializándose en interpretar el patrimonio cultural en temas de urbanismo. Por más de una década su trabajo y proyectos personales le han permitido profundizar su conocimiento sobre comunidad, tecnología y las artes aplicadas. Kira Hunt posee una certificación de Biomimicry 3.8 como especialista en biomimesis. Como miembro activo de Biomimicry Alberta, Kira Hunt ha promovido y diseminado el diseño inspirado en la naturaleza y la disciplina de la biomimesis en Canadá e internacionalmente.

## Introducción

Luego de más de dos décadas desde que el término empezó a ser usado en referencia al diseño inspirado en la naturaleza, la *biomimesis* o *biomimicry* (de bios = vida, y mimesis = imitar) (Benyus, 1997), ha ido estableciendo una metodología de diseño centrada en observar la biología como fuente de conocimiento. Así mismo ha ido estableciendo su campo teórico alrededor de conceptos como la bio-afiliación (biophilia) (Wilson, 1984) y el diseño regenerativo (Wahl, 2016) entre otras ideas. Aun así, la biomimesis no es considerada una disciplina todavía, o en el mejor de los casos sólo como una disciplina emergente. La epistemología de la biomimesis es un proyecto en ejecución, una disciplina en construcción. El surgimiento de la biomimesis ha acompañado a las disciplinas del siglo XXI –y a las disciplinas de diseño en particular– en la necesidad de formas sustentables de creación, implementación y producción. La necesidad de resultados de diseño más sustentables implica acaso enfoques de diseño más revolucionarios y radicales. Conceptos como la bio-afiliación (biophilia), bio-inspiración y el diseño bio-informado han surgido y prosperado en los últimos años como respuesta ante estas necesidades de cambio en la teoría y la práctica de las disciplinas de diseño, y han sido activados por ejemplo, por la elocuencia y elegancia del discurso de la biomimesis a través de voces referentes como Janine Benyus, sus colegas del Biomimicry Institute, y los “biomimics” de todo el mundo que utilizan este enfoque biocéntrico de diseño.

## Una oportunidad epistemológica

Para contextualizar la biomimesis como una disciplina emergente desde una perspectiva epistemológica, preguntas básicas como “¿qué podemos saber a través de la biomimesis?” y “¿cómo podemos conocer la disciplina?” son pasos cruciales para comprender el pasado, presente y posible futuro de esta disciplina emergente relacionada con el diseño. Esto también implica analizar el contexto en el que surge la disciplina como una respuesta a los paradigmas generales y dominantes.

Ergon Guba en *The Paradigm Dialog* definió a los paradigmas como “un conjunto de creencias básicas que guían las acciones” (Guba, 1990, p. 17). Janine Benyus propone a través de la biomimesis no sólo un conjunto de creencias básicas –por ejemplo, en el ingenio de la naturaleza, en la selección natural y en el poder de la evolución– sino también un nuevo ángulo para entender nuestra presencia biológica en el planeta y para recalibrar nuestro rol como especie y como una parte armónica de los ecosistemas (Benyus, 1997). El cambio de ángulo propuesto a través de la biomimesis está impulsando una transformación, un cambio de mentalidad y un cambio de paradigma de diseño. Nuestra cosmovisión actual está dominada por tres paradigmas de conocimiento generales: post-positivismo, idealismo crítico y constructivismo (Guba & Nielsen, 1990). No es una tarea simple ubicar la biomimesis dentro de los límites de estos paradigmas, ni clasificarla bajo ninguna etiqueta disciplinaria (ecologismo, ecodiseño, etc.). En cambio, la idea de jugar un rol dentro de un “diálogo de paradigmas” de conocimiento abierto que pueda aplicarse

pragmáticamente a múltiples disciplinas (Lincoln & Guba, 2000), parece ajustarse mejor a los principios de la biomimesis. Este punto de vista puede quizás describirse como parte de una visión posterior al “postmodernismo”, como sugieren algunos intelectuales.

El periodo previo de industrialización, a partir del cual el campo del diseño ha evolucionado, ha llevado a una crisis mundial evidenciada por el cambio climático, la desigualdad social, la inseguridad energética, alimentaria y de acceso a agua potable, entre otros problemas globales de la actualidad. Históricamente, el diseño ha sido un instrumento de progreso y un medio para la concreción de los modelos actuales de desarrollo, basados básicamente en el crecimiento económico. Todos los sistemas, artefactos, productos, automóviles, maquinarias, edificios, ciudades, todo el mundo material y artificial que nos rodea ha sido diseñado intencionalmente por el ser humano. No obstante, los recursos naturales se están agotando. Aquí hay que entender que los materiales creados, los procesos de fabricación para crear materiales y la energía demandada por esos procesos son consecuencia de un mundo diseñado por el ser humano. Esta realidad hace que los diseñadores, con o sin intención, sean altamente responsables del estado actual de las cosas y, al mismo tiempo, actores influyentes para generar una etapa de cambio. Por lo tanto, el mundo post-industrial, el mundo post-carbono del siglo XXI exige respuestas evolutivas en el campo del diseño que promuevan la innovación y el cambio radical. Este es el contexto en el que, casi al borde del abismo se sitúa la biomimesis. Muchos pensadores, entre ellos David Orr (2002), Paul Hawken (1994) y Tony Fry (2017), coinciden en sugerir que hay sólo dos opciones desde la perspectiva del diseño: *cambios producidos por un proceso de diseño proactivo o cambios de diseño reactivos forzados por desastres*.

Estudiar una epistemología de la biomimesis implica comprender las circunstancias que conducen a los principios resumidos por Janine Benyus (1997), así como a su fuente de racionalidad y empirismo. Generaciones de pensadores –escritores, eruditos, científicos y filósofos– han precedido a Benyus en la comprensión de cómo funciona la naturaleza y cómo se puede aplicar al ingenio humano; por ejemplo la interpretación aristotélica del universo y las fuerzas naturales. Aristóteles estaba convencido que la naturaleza no hace nada sin un propósito, idea que se alinea con muchos de los principios considerados por la biomimesis. Las fuentes que inspiraron a Benyus en la creación de un punto de vista epistemológico para la biomimesis fueron la generación de ambientalistas y ecologistas que surgió en el siglo XX, entre ellos Rachel Carson y su libro destacado *Silent Spring* (1962), el Biólogo E. O. Wilson, autor de *Biophilia: The human bond with other species* (1984), y Paul Hawken, autor de *The Ecology of Commerce* (1994). Estos influyentes pensadores se mencionan en el libro *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature* (Benyus, 1997).

La biomimesis como disciplina emergente ha tenido predominantemente un enfoque objetivo, como parte de la cosmovisión que fundamentalmente deriva de las corrientes del positivismo y el modernismo (Guba, 1990). Este enfoque es ya conocido en las ciencias, en la ingeniería y en la tecnología como un enfoque utilitario. Pero la biomimesis puede ser también entendida desde otros ángulos menos convencionales y quizás más subjetivos. Como parte del espectro general del diseño bio-inspirado, la biomimesis puede revelar ámbitos novedosos para la discusión especulativa. Por ejemplo, desde la perspectiva de la ecología humana, la biomimesis puede relacionarse con diferentes teorías derivadas de la antropología, la sociología, la psicología, y la ciencia.

## Teorías y conceptos conectados con la biomimesis

Entre las teorías y conceptos influyentes a la biomimesis cabe mencionar brevemente algunos como la Bio-afiliación (Wilson, 1984), Deep Ecology (Naess, 1973), Autopoiesis (Varela y Maturana, 1974), Affordances (Gibson, 1977), Biocentrismo (Taylor, 1983), Constructal Laws (Bejan & Zane, 2012), y el Diseño Regenerativo (Wahl, 2016).

### Bioafiliación

La teoría de la bio-afiliación o biophilia (Wilson, 1984) propone enfatizar nuestra “inherente inclinación del ser humano a afiliarse con los sistemas y procesos naturales, especialmente la vida y las cosas vivas fueran del entorno humano” (Kellert, Heerwagen, & Mador, 2008, p. 3). La teoría de la bio-afiliación se soporta en evidencia científica que demuestra que el contacto físico con la naturaleza tiene un fuerte efecto positivo sobre los seres humanos, en términos de curación de enfermedades, productividad en el trabajo, etcétera (Montana-Hoyos & Fiorentino, 2015).

### Deep Ecology

Deep Ecology –ecología profunda– considera la vida humana como uno de tantos otros componentes igualmente importantes dentro de un ecosistema global (Kellert y otros, 2008). Dentro de la ecología humana hay una corriente de pensamiento autoconsiderada radical (Radical Human Ecology) que comparte los valores de la ecología profunda, pero además propone una interpretación cosmológica del rol que los humanos cumplen en el planeta, como “guardianes” del “hogar” donde vivimos (McIntosh, 2012), para protegerlo y no explotarlo como recurso para nuestras necesidades exclusivas. Estos conceptos –Radical Human Ecology, Deep Ecology– se alinean filosóficamente con lo que podríamos hoy considerar ideas pos-humanistas (Bennett, 2010) adoptadas por la biomimesis.

### Autopoiesis

Autopoiesis<sup>1</sup> es el nombre de una teoría introducida por dos científicos chilenos, Maturana y Varela, en los años 60. Propone que los ecosistemas y todos los seres vivos que los componen funcionan como mecanismos que se “auto-organizan” para mantener una forma en particular, independientemente de la combinación de materiales con la que interactúan, a través de auto-regulación y auto-referencia. Esto es relacionado a menudo con los principios de la resiliencia, la segunda ley de la termodinámica, y esta en sintonía con los patrones y principios de la naturaleza propuestos por la metodología de la biomimesis (Life Principles).

### Affordances

Otra teoría relevante para integrar teoría y práctica del diseño con los principios de la naturaleza es la propuesta por Gibson (1977) llamada “Theory of Affordances”<sup>2</sup>, también alineada con las ideas evolutivas de E.O. Wilson, las cuales atenúan las divisiones entre el comportamiento humano, la cultura, y el instinto natural. La teoría reflexiona sobre como las características de los objetos y un determinado contexto permiten que los animales (y por extensión también los humanos) se comporten y ejecuten acciones, enmarcadas en

la relación con ese objeto y su entorno (Gibson, 1977). En otras palabras, los elementos inanimados, los materiales y el medioambiente que nos rodea (diseñados o no), modifican nuestro comportamiento en una suerte de intercambio de información. Es un concepto muy atractivo para el diseño, ya que con este razonamiento un producto bien diseñado puede “comunicar” efectivamente su propósito al “usuario” de ese producto de una forma “natural”.

### **Biocentrismo**

El biocentrismo se puede entender como una perspectiva ética que extiende valor inherente a todas las formas vivas, no sólo los humanos, con el propósito de contribuir a un futuro sustentable. Este concepto tiene raíces filosóficas en el biocentrismo igualitario (Sterba, 2011; Taylor, 1983), y coincide con la teoría de la bioafiliación y la visión de varios intelectuales de las ciencias sociales y la ecología, en que hay una inclinación fundamental en el ser humano por apreciar la naturaleza (Kant, 1999; Leopold, 1970; Naess, 1973; Orr, 2002).

### **Constructal Laws**

La teoría conocida como Constructal<sup>3</sup> Laws (Bejan y Zane, 2012) se basa en las leyes de la física –específicamente la termodinámica, al igual que la autopoiesis, al observar como los sistemas naturales tienen la capacidad de auto-organizarse en respuesta a fenómeno naturales como la entropía. En particular esta teoría analiza la similitud de patrones visuales observados entre elementos animados e inanimados en respuesta a las leyes de la física. Estos patrones de auto-organización responden a la manera en que los elementos y la energía fluyen en la naturaleza.

### **Diseño Regenerativo**

Daniel Wahl en su libro *Designing Regenerative Cultures* (2016) propone transformar las actuales prácticas antropocéntricas de diseño en prácticas regenerativas y eventualmente integradas con la naturaleza (Wahl, 2016). Esto implica una orientación hacia el biocentrismo como una forma de transición entre un estado de las cosas degenerativo hacia un estado regenerativo, que restablezca los principios elementales para sostener el progreso humano sin comprometer la vida en el planeta y, eventualmente, transformar la práctica del diseño en un campo disciplinario integrado con la naturaleza. En el punto de inflexión hacia esta transición descrita por Wahl, se ubican las disciplinas emergentes como la biomimesis.

## **Patrones y principios de la biomimesis**

La biomimesis propone aprender de la naturaleza en vez de explotarla como recurso. La biomimesis estudia “el carácter de la naturaleza” y emula conscientemente los principios de adaptación y supervivencia de la naturaleza, imitando no solo las formas, las funciones y las estructuras, sino también los procesos y contextos (Benyus, 1997) entendiéndoles

a nivel sistémico. Un entendimiento a nivel sistémico significa una manera de hacer y fabricar en red que reemplaza una manera lineal. También se vincula a un modelo regenerativo que, como la naturaleza, en vez de solamente consumir materiales vírgenes, también genera la producción de materiales nuevos en un ciclo virtuoso (Wahl, 2016). Estos sistemas han sido formados por selección natural durante miles de millones de años para conformar una red de colaboración y mutualismo densamente entrelazada, a la cual llamamos “vida” (Woolley-Barker, 2013). Organismos y contexto se integran y se optimizan para formar estrategias que conducen a extender condiciones para la vida. La biomimesis propone entender la naturaleza –desde la biología y las leyes de la física– como mentora, como modelo a seguir y como medida o referencia para comparar la calidad de los resultados de diseño. En esta línea de pensamiento, la biomimesis propone imitar patrones y principios del funcionamiento observados en la naturaleza a través del conocimiento científico. Entre estos patrones y principios se entiende que:

- la naturaleza obtiene su energía principalmente de la energía del sol,
- sólo utiliza la energía que necesita
- la forma sigue a la función
- todo es reciclado, no existe el concepto de desperdicio
- recompensa la cooperación entre especies
- se basa en la diversidad, lo que la hace resiliente
- demanda “know-how” local
- le pone límite a los excesos desde dentro del sistema
- aprovecha el poder de los límites para potenciar eficacia y eficiencia

Esta lista de 9 principios ha evolucionado a una de 6 que aquí llamaremos “Bioprincipios” (“Life’s Principles”, Biomimicry 3.8, 2013), y a una lista de factores medioambientales específicos conocidos como “Condiciones Operativas de la Tierra” (“Earth’s Operating Conditions”, Biomimicry 3.8, 2013). Los bioprincipios describen las reglas generales que siguen el 99.9% de los organismos vivos en el planeta. El tema subyacente de los bioprincipios es que la vida genera las condiciones para que haya más vida, un patrón encontrado recurrentemente en los sistemas naturales (Biomimicry 3.8, 2013).

Esta idea puede ser encontrada en todas las formas vivas del planeta. Cuando un organismo muere, se vuelve una fuente de nutrición para otros organismos, alimentando mamíferos, aves y reptiles carnívoros, así como también insectos, bacteria y una multitud de otros seres vivos, apoyando así el funcionamiento de ecosistemas enteros. Cuando los organismos generan sustancias venenosas, estos tóxicos son típicamente creados en cantidades pequeñas y se biodegradan rápidamente, sin crear o mantener un daño permanente al ecosistema, el suelo, o la atmósfera.

Los 6 bioprincipios esenciales resumidos mas abajo acompañan a los 9 principios originalmente incluidos en el libro de Benyus (1997). Estas ideas constituyen patrones a nivel general que pueden ser implementados en forma teórica o metafórica para definir objetivos de un proyecto, visualizar posibles resultados, y evaluar diseños:

1. Adaptarse a condiciones cambiantes
2. Evolucionar para sobrevivir
3. Estar en sintonía y ser receptivo con contexto local
4. Integrar desarrollo al crecimiento
5. Ser eficiente con los recursos disponibles
6. Usar química “amigable” con el medioambiente

Cada uno de estos 6 bioprincipios tiene subcategorías que proveen más detalles sobre los patrones encontrados en la naturaleza.

### 1. Adaptarse a condiciones cambiantes

Los organismos se adaptan, cambian su comportamiento en el momento para responder a amenazas y oportunidades. Algunas especies de pulpos y escualidos, por ejemplo, tienen la habilidad de cambiar de color y forma para imitar otros organismos, lo que les permite ocultarse de sus presas y sus depredadores (Martin J. How, Mark D, Normal et al. 2017). Muchos investigadores han estudiado como estos animales cambian el color y la textura de su piel para crear camuflajes. Este tipo de estudios puede favorecer el desarrollo de nuevas tecnologías y materiales capaces de modificar su aspecto de color y forma.

Subcategorías del principio de adaptación:

- Incorporar diversidad
- Auto-renovarse manteniendo integridad
- Obtener resiliencia mediante la variación, redundancia, y descentralización

### 2. Evolucionar para sobrevivir

Organismos y ecosistemas evolucionaron por muchas generaciones. Las mutaciones son un cambio en la secuencia de ADN que resulta de las condiciones medioambientales y/o daños genéticos. Mientras que muchas mutaciones viven corto tiempo, otras pueden proveer nuevas adaptaciones que mejoran la habilidad de un organismo para sobrevivir, permitiendo a estos rasgos pasar de generación en generación; los insectos que resisten a los pesticidas son un ejemplo de este tipo de evolución.

Esta idea de evolución puede ser aplicada al proceso de diseño. Un diseñador puede empezar por un concepto básico y cambiar una simple característica a cada paso en el proceso. Mientras el diseño se refina, un número de opciones son creadas, algunas de las cuales derivan en nuevas alternativas o son recombinadas con otras para crear aún más opciones. Algunas opciones serán descartadas, en analogía con las “fallas” en las mutaciones de la evolución, mientras que otras serán retenidas e incorporadas en las futuras versiones del diseño, en analogía, por ejemplo, con la reproducción sexual natural.

Subcategorías del principio de evolución:

- Replicar las estrategias que funcionen
- Integrar lo inesperado
- Recombinar información

### 3. Estar en sintonía y ser receptivo con el contexto local

A diferencia de los seres humanos, los organismos no pueden enviar materia prima a cualquier parte del mundo. Necesitan cosechar lo que encuentren en su entorno local, y sus desechos deben ser administrados localmente también. Los ecosistemas han evolucionado hasta crear intrincadas redes de flujo de materiales. El ciclo del nitrógeno en un bosque, por ejemplo, permite que este importante elemento permanezca en el sistema –en el suelo, en árboles, en la atmósfera– y así ser utilizado una y otra vez.

La economía circular (Hawken, 1994) es una idea que ha ido ganando tracción en todo el mundo: re imagina la basura y ve a los desechos como un recurso necesario para la creación de nuevos productos. Volviendo al ejemplo del nitrógeno, observando este y otros ejemplos cíclicos de la naturaleza (como el ciclo del agua, el carbono, etc.) podría inspirar nuevas ideas que contribuyan a una mejor comprensión del diseño circular, e incluso a inspirar nuevos modelos de negocio.

Subcategorías de sintonía con el contexto local:

- Apalancamiento de procesos cíclicos
- Usar materiales y energía disponible en el entorno
- Usar ciclos de realimentación (“feedback loops”)
- Cultivar relaciones basadas en el mutualismo y la cooperación

### 4. Integrar desarrollo al crecimiento

Los organismos naturales tienen estrategias que promueven crecimiento y desarrollo al mismo tiempo. Por ejemplo, un árbol al crecer incrementa su capacidad de absorber energía solar a través de sus hojas, y su habilidad de obtener nutrientes y agua del suelo a través de sus sistema de raíces. Mientras que en la naturaleza crecimiento y desarrollo son factores que van de la mano, los sistemas creados por los humanos se enfocan frecuentemente en un solo factor a expensas del otro. Por ejemplo, aún en ciudades que han crecido y se expandieron al doble o triple de su tamaño, sólo se ha desarrollado una sola planta centralizada de tratamiento de aguas. Dicha planta posee una capacidad más elevada y es más económica en el largo plazo, pero ante una falla puede provocar extensos cortes de agua y una cascada de problemas asociados con la higiene y la salud. En cambio, muchas plantas pequeñas y bien distribuidas podrían ser agregadas a medida que la ciudad crece, proveyendo un sistema redundante y resiliente, mejor preparado para evitar desastres, y a la larga también provocar menos costo.

Subcategorías que integran crecimiento y desarrollo:

- Auto-organización
- Construir de abajo hacia arriba (los niveles jerárquicos)
- Combinar componentes modulares y anidados

### 5. Ser eficiente con los recursos disponibles

La naturaleza es experta en optimizar. Por ejemplo, para poder volar, los pájaros necesitan tener huesos con el balance exacto entre poco peso y mucha resistencia, un resultado que es conseguido mediante el entramado de fibras que facilitan la compresión y expansión



de fuerzas según sea necesario. Las fibras del hueso están organizadas de una forma que maximizan la resistencia, mientras que las áreas huecas del hueso reducen el peso (Gibson, Ashby, Harley, 2010).

Los humanos tendemos a exagerar la aplicación de ingeniería para garantizar la seguridad de estructuras, artefactos, etc. Aún si sólo una porción de la estructura de una viga necesita soportar una carga extra de peso, la viga entera será diseñada para esa especificación máxima. Nuevos análisis hechos mediante software 3D y un mejor entendimiento de soluciones estructurales observadas en la naturaleza permiten hoy a los ingenieros predecir el estrés y optimizar propiedades mecánicas de los materiales (Ngoc San Ha, Guoxing Lu, 2020).

Como subcategorías de eficiencia:

- Utilizar procesos de bajo consumo de energía
- Utilizar diseños multifuncionales y multipropósito
- Reciclar todos los materiales al 100% (sin generar desechos no reciclables o no biodegradables)
- Adaptar la forma a la función

## 6. Usar química “amigable” con el medioambiente

Las formas de vida de este planeta (y tal vez en el universo) son basadas en la presencia del agua. El agua es utilizada como solvente, y cuando las toxinas son creadas, estas tienden a serlo en pequeñas cantidades, y rápidamente biodegradadas. El cuerpo humano esta alrededor del 70% compuesto de agua, y el agua es crítica para el correcto funcionamiento de las células.

En contraste, la industria y el comercio típicamente usan químicos dañinos como solvente en lugar de agua. La naturaleza se basa mayormente en el uso de los elementos más simples: hidrógeno, carbono, nitrógeno y oxígeno. Los sistemas naturales usan alrededor de 30 elementos de la tabla periódica, mientras que los productos creados por la industria humana para los seres humanos usan casi el doble de ese número.

A pesar de su pequeña paleta de herramientas, las formas de vida crean mejores materiales que la industria humana. Basados en los elementos más simples, la naturaleza crea colores más vívidos que los mejores pigmentos usados por los humanos, y crea materiales que son más fuertes y resistentes, resultados que la industria ha tenido problemas en imitar. Además, los materiales naturales son biodegradables, una propiedad deseable para los productos humanos. Nuevos materiales “amigables” con la naturaleza pueden tener importantes aplicaciones; por ejemplo, un nuevo adhesivo para uso quirúrgico inspirado en ciertos moluscos pueden servir para sellar heridas en zonas húmedas o mojadas, el cual es un desafío común para los cirujanos.

Como subcategorías de utilizar química “amigable”:

- Descomponer los productos en componentes benignos
- Construir selectivamente con un pequeño número de elementos químicos
- Practicar química basada en agua

## Una metodología con enfoque funcional y taxonómico

Este enfoque, patrones y principios descriptos hasta aquí, permitieron que la biomimesis construya una metodología propia que combina el método científico con el proceso de diseño. Debido a una permanente evolución del rigor y la tangibilidad de sus resultados, hoy la biomimesis comienza a ser apreciada como una disciplina emergente, reconocida por su potencial para liderar hacia la innovación sustentable (Kennedy y Marting, 2016). Las funciones en la biomimesis son lo que un organismo natural o un ecosistema hace: los tentáculos de un escuálido *se curvan*, un organismo *crece*, un bosque *se desarrolla*; curvar, crecer y desarrollarse son funciones, son objetivos a lograr. Cuando buscamos soluciones en el mundo natural, puede ayudar hacerse la pregunta “*Como haría (tal acción) la naturaleza?*” y así buscar esas palabras clave para encontrar modelos naturales a seguir.

Por ejemplo, un cliente puede necesitar mejorar un producto –una bombilla de luz, por caso. No tiene sentido preguntar “*cómo haría la naturaleza una mejor bombilla de luz?*” En vez, la pregunta debería ser “*cómo crea luz la naturaleza?*,” lo cual facilita la manera de buscar ejemplos en el mundo natural. Esta pregunta puede derivar en observar las luciérnagas, o ciertas especies de hongos, o especies de peces de las profundidades del océano, entre otros ejemplos de bioluminiscencia. Si el objetivo es encontrar un nuevo material para reemplazar el vidrio de la bombilla de luz, una pregunta más relevante sería “*cómo genera transparencia la naturaleza?*” y aquí encontraremos ejemplos en mariposas de alas transparentes como la “Glasswing Butterfly” (*Greta oto*), o en pulpos translúcidos (*Vitreledonella richardi*), y medusas (*Turritopsis dohrnii*).

Una completa lista de funciones puede ser encontrada en la taxonomía propuesta por la biomimesis (Biomimicry Taxonomy, Biomimicry 3.8, 2021). Esta herramienta provee una lista de términos que describen funciones biológicas y tecnológicas que permiten “traducir” soluciones como las mencionadas en los ejemplos anteriores. Una vez formulada la pregunta adecuada, y escrita en forma de “*cómo la naturaleza haría tal cosa?*”, esta podría ser utilizada en herramientas de búsqueda como Google para encontrar más referencias en la literatura disponible. Verbos y frases como “crear luz” y adjetivos como “transparente” pueden ser usados como palabras clave para buscar en bases de datos biológicas, incluida AskNature.org, Web of Science, etcétera, y luego expandir la búsqueda a fuentes bibliográficas, publicaciones académicas y científicas.

## Conclusión

La biomimesis puede ser una herramienta poderosa para el futuro del diseño. Una disciplina emergente que puede inspirar a los diseñadores a aprender de la naturaleza con un modelo basado en la cooperación y el mutualismo, las sinergias y los ciclos observados en los ecosistemas y organismos vivos. La biomimesis, no sólo trata de emular la forma o función de la naturaleza (como lo hacen otras disciplinas de diseño inspiradas en lo *biológico*), sino que imita el comportamiento, los procesos y los sistemas, con un fuerte enfoque en soluciones que son conducentes y respetuosas con la vida. Ofrece también un conjunto

de herramientas conceptuales para enriquecer el proceso de diseño, así como guías para desarrollar mejores materiales y artefactos, mejorar los sistemas y crear las condiciones que conducen a mejores patrones de comportamiento. Desde un punto de vista epistemológico, la biomimesis parece llenar los vacíos o carencias transicionales entre fases de paradigma y, asimismo, colabora para lograr formas de pensamiento y conocimiento más inclusivas y conciliatorias para las disciplinas del diseño. El surgimiento de la biomimesis es parte de una transición hacia una fase previa al paradigma en la cual todavía no hay consenso sobre ninguna teoría en particular (Guba, 1990). Esta fase se caracteriza básicamente por la fragmentación de ideas y enfoques, y la combinación de teorías incompatibles e incompletas, que pueden abrir nuevos espacios de diálogo para la discusión y la generación de conocimiento. La adopción de la biomimesis en otros campos disciplinarios, y la influencia de otras epistemologías, puede proporcionar orientación teórica y metodológica a esta disciplina emergente. Para finalizar, y como premisa fundamental, la biomimesis también puede desempeñar un papel vital en un cambio de paradigma que favorezca un diseño que facilite la sustentabilidad.

## Notas

1, 2, 3. Los autores no han encontrado sinónimos en inglés que expresen correctamente el significado de los términos Autopoiesis, Affordances y Constructal (Laws), ni tampoco una traducción apropiada al español.

## Referencias

- Bejan, A. & Zane, J. (2012). *Design in nature: How the constructal law governs evolution in biology, physics, technology, and social organization*. New York, NY: Doubleday.
- Bennett, J. (2010). *Vibrant matter: A political ecology of things*. Durham, NC: Duke University Press.
- Benyus, J. M. (1997). *Biomimicry: Innovation inspired by nature*. New York, NY: Perennial.
- Biomimicry 3.8 (2013). *Life's Principles g6*, 2013, <https://biomimicry.net/the-buzz/resources/designlens-lifes-principles/>
- Biomimicry Institute, *Biomimicry Taxonomy, 2008-2021*, <https://asknature.org/resource/biomimicry-taxonomy/>
- Carlson, R. (1961). *Silent Spring*. New York: Houghton Mifflin.
- Florentino, C. & Montana-Hoyos, C. (2014). The Emerging Discipline of Biomimicry as a Paradigm Shift towards Design for Resilience. *The International Journal of Designed Objects*. Champaign, Illinois, USA: Common Ground Publishing LLC 8 (1) 2-15.
- Florentino, C. (2012). Design for Sustainability vs. Design for Resilience: A Time Scale Problem? *The International Journal of Sustainability Education* 8, 30-45.
- Fry, T. (2017). Design after design. *Design Philosophy Papers*, 15(2), 99-102.

- Gibson, J. J. (1977). The theory of affordances. In R. Shaw & J. Bransford (Eds.), *Perceiving, acting, and knowing: Toward an ecological psychology* (pp. 67-82). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Gibson, L. J.; Ashby, M. F. & Harley, B. A. (2010). Cellular Materials in Nature and Medicine. <https://www.cambridge.org/us/academic/subjects/engineering/biomedical-engineering/cellular-materials-nature-and-medicine>
- Guba, E. G. (1990). The alternative paradigm dialogue. In E. G. Guba (Ed.), *The paradigm dialogue* (pp. 17-27). Newbury Park, CA: Sage.
- Hawken, P. (1994). *The ecology of commerce*. New York, NY: Harper Business.
- How, M. J.; Norman, M. D.; Finn, J.; Wen-Sung, Ch. and Marshall, N. J. (2017). *Dynamic Skin Patterns in Cephalopods*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5474490/>
- Kant, I. (1999). *Practical philosophy*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Kellert, S. R.; Heerwagen, J. & Mador, M. (2008). *Biophilic design: The theory, science and practice of bringing buildings to life*. Hoboken, NJ: Wiley.
- Kennedy, E. B. & Marting, T. A. (2016). Biomimicry: Streamlining the front end of innovation for environmentally sustainable products. *Research-Technology Management*, 59(4), 40-48.
- Leopold, A. (1970). *A Sand County almanac: With other essays on conservation from Round River*. New York, NY: Ballantine Books.
- Lincoln, Y. S. & Guba, E. G. (2000). Paradigmatic controversies, contradictions, and emerging confluences. In N. K. Denzin & Y. S. Lincoln (Eds.), *Handbook of qualitative research* (2nd ed., pp. 1065-1122). Thousand Oaks, CA: Sage.
- McIntosh, A. (2012). *The challenge of radical human ecology to the academy*. In L. Williams, R. Roberts, & A. McIntosh (Eds.), *Radical human ecology* (pp. 31-56). Surrey, UK: Ashgate.
- Naess, A. (1973). The shallow and the deep, long-range ecology movement: A summary. *Inquiry*, 16(1-4), 95-100.
- Ngoc San Ha & Guoxing Lu (2020). *A Review of Recent Research on Bio-Inspired Structures and Materials for Energy Absorption Applications*, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1359836819339964v>
- Orr, D. (2002). *The nature of design*. New York, NY: Oxford University Press.
- Sterba, J. P. (2011). Biocentrism defended. *Ethics, Policy & Environment*, 14(2), 167-169.
- Taylor, P. W. (1983). In defense of biocentrism. *Environmental Ethics*, 5(3), 237-243.
- Varela, F. G.; Maturana, H. R. & Uribe, R. (1974). Autopoiesis: The organization of living systems, its characterization and a model. *Biosystems*, 5(4), 187-196.
- Wahl, D. C. (2016). *Designing regenerative cultures*. Axminster, UK: Triarchy Press.
- Wilson, E. O. (Ed.). (1984). *Biophilia: The human bond with other species*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Woolley-Barker, T. (2013). How would nature create a “generous city”? Retrieved from <http://www.triplepundit.com/2013/07/creating-conditions-conducive-life-firstbiomimicry-38-global-conference/>

**Abstract:** Biomimicry is not considered a developed design discipline yet, even with a methodology and supporting theories well established. In most cases, biomimicry is only considered an emerging discipline. The epistemology of biomimicry is a project under development, a discipline under construction. This article proposes a brief review on conceptual and contextual aspects of biomimicry, a review on its methodological content, and an analysis of present and possible future of this emerging discipline.

**Keywords:** Biomimicry - Sustainable Design - Biophilia - Biocentrism - Bioprinciples - Design Methodology.

**Resumo:** A biomimética ainda não é considerada uma disciplina de design desenvolvida, mesmo com uma metodologia e teorias de suporte bem estabelecidas. Na maioria dos casos, a biomimética é considerada apenas uma disciplina emergente. A epistemologia da biomimética é um projeto em desenvolvimento, uma disciplina em construção. Este artigo propõe uma breve revisão dos aspectos conceituais e contextuais da biomimética, uma revisão do seu conteúdo metodológico e uma análise do presente e possível futuro desta disciplina emergente.

**Palavras chave:** Biomimética - Desenho Sustentável - Biofilia - Biocentrismo - Bioprincípios - Metodologia.

[Las traducciones de los abstracts fueron supervisadas por el autor de cada artículo]

---