

La Bioinspiración y el bioaprendizaje en el diseño Propuestas cruzadas

Francisco Javier Serón Torrecilla ⁽¹⁾

Escuela Superior de Diseño de Aragón

Resumen: El ser humano ha enfrentado a lo largo de la historia crisis de distinta índole que, en muchos de los casos, han supuesto cambios en el marco de conocimiento o de paradigma desde la concepción del historiador y filósofo de la ciencia T. S. Kuhn (1962). En las últimas décadas, el modelo de desarrollo que predominó tras la segunda guerra mundial se ha puesto en serias dudas, ante todo por el impacto que ha tenido en el agotamiento de los recursos y el impacto medioambiental, sin querer incidir más allá de lo necesario en las más que evidentes desigualdades sociales.

Dicho desarrollismo se ha visto sin duda auspiciado por una determinada concepción del diseño que, aludiendo a Victor Papanek, habría hecho omisión de su responsabilidad en muchas de las consecuencias de actuar y pensar en un modelo inagotable, en el que no solo se ha dado la espalda a la naturaleza y el ecosistema que nos permite sobrevivir, sino también a una enseñanza de millones de años.

En la actualidad, el paradigma que citábamos en el primer párrafo, y en coherencia con un campo de conocimiento como es el diseño de carácter transdisciplinar, está volviendo la mirada hacia las enseñanzas de la naturaleza. Enseñanzas que por otro lado requieren un aprendizaje previo de los lenguajes y los significados del plano biológico. Un bioaprendizaje que permita sentar las bases de la bioinspiración y la transferencia de conocimiento al campo de la proyectación en aras de soluciones más coherentes con una visión económica, social y medioambiental desde una nueva perspectiva más acorde a los propios ciclos naturales.

Centrándonos en el contexto de los centros de formación para los diseñadores del futuro, el bioaprendizaje y la bioinspiración requieren de experiencias concretas que permitan experimentar, dotar de sentido y reflexionar sobre lo que significan las relaciones entre la vida y lo artificial –que es el diseño– es decir entre la naturaleza y el ser humano en una adecuada convivencia.

En los últimos siete años en la Escuela Superior de Diseño de Aragón (ESDA) se ha reflexionado sobre la problemática de acercar a los estudiantes a estas corrientes, en un panorama de actualización que requiere diseñadores cada vez más concientizados y preocupados por las soluciones que aportan. Se presentan tres experiencias distintas que –en distintos niveles de bioaprendizaje– comparten marcos transdisciplinares y el objetivo de concientizar en un panorama más global de búsqueda de alternativas conceptuales, metodológicas y materiales mucho más sostenibles.

La primera de las experiencias sitúa al estudiante en un proyecto colaborativo y coparticipado de ciencia ciudadana con múltiples agentes implicados. A partir de una problemática

de salud pública en un entorno y medioambiente local, se permite que los estudiantes de diseño aporten soluciones y se acerquen a la naturaleza desde un enfoque determinado.

La **segunda experiencia** –en colaboración con dos laboratorios de experimentación– señala la necesaria reflexión en torno a la materialidad y en este caso a las posibilidades de los biomateriales, algunos de los cuales involucran directamente a seres vivos. De esta manera se muestra como los seres vivos permiten crear una realidad material mucho menos compleja y de menor impacto, lo que sirve, como experiencia a distintos objetivos, entre ellos el mostrar la vida desde el punto de vista material.

Por último, la **tercer experiencia** está más relacionada con los aspectos metodológicos de lo que significa bioinspirarse y analizar las soluciones que ya ha aportado la naturaleza, y como dichas soluciones y metodologías deben tener entrecruzamientos fructíferos con las metodologías de diseño, para lo que es necesario instruir al estudiante en la complejidad de dichas intersecciones.

Las experiencias presentadas conforman un marco curricular que permea la formación de los estudiantes, en este caso de Diseño de Producto y que, desde distintos niveles en su desarrollo, presenta el objetivo final de mostrar una nueva mirada que posibilite un nuevo campo proyectual, algo que señalaremos en las consideraciones finales al respecto de los resultados alcanzados.

Palabras clave: BioDiseño - Bioinspiración - Biomimética - Bioaprendizaje - Transdisciplinar - Polidisciplinar - Diseño de Ciencia Ciudadana - Sostenibilidad Material

[Resúmenes en inglés y en portugués en las páginas 200-202]

⁽¹⁾ **Francisco Javier Serón Torrecilla** es Doctor en Didáctica de las Ciencias Experimentales por la Universidad de Zaragoza. Máster en Comunicación Social de la Investigación Científica VIU (Valencia). Máster en Museos: Educación y Comunicación. Universidad de Zaragoza. Licenciado en Ciencias Químicas, Universidad de Zaragoza. Titulado en un Grado Superior de Artes Aplicadas a la Escultura. E.A. de Arte de Zaragoza. Grupo de Investigación en Sostenibilidad y Materiales Escuela Superior de Diseño de Aragón. Líneas de Investigación activa: La selección de materiales en las áreas de diseño: metodologías, Nuevos materiales para una economía circular sostenible, La sostenibilidad como paradigma de la enseñanza/aprendizaje en diseño, Biodiseño y aprendizaje: relaciones entre el mundo natural y el mundo artificial. Grupo Beagle de Investigación en didáctica de las ciencias experimentales, Facultad de Educación, Universidad de Zaragoza. Coordinador del Área de Investigación de la Escuela Superior de Diseño de Aragón (Zaragoza, España). Miembro activo de RIDID, Red iberoamericana de investigación en diseño. Miembro de la Red de Investigadores en Diseño: Instituto de Investigación en Diseño de la Facultad de Diseño y Comunicación de Palermo. fseron@esda.es

Introducción

Se podría decir que existe una perentoria necesidad de buscar confluencias que impliquen la propia transformación del diseño y entre las que se encuentran los fructíferos cruces que proporciona el conocimiento de la naturaleza, sus ciclos y sus flujos de materia y energía, como ha señalado Manuel Quirós responsable de *natureinspireus*.

A este respecto autores como Vieyra de Arruda y Langella (2021) han señalado como la naturaleza puede ser una fuente generadora de soluciones que, desde la transdisciplinariedad (Fragoso-Susunaga, 2021. p 191) enriquezca el conocimiento propio del diseño y su proceder.

En este sentido autores como Van den Broeck (2000, p. 6) habrían apuntado a que, “Para quienes sepan observar y extrapolar creativamente, la naturaleza puede ser una fuente rica en soluciones a problemas de diseño”. En las palabras de este autor ya se estaría intuyendo que es necesario un aprendizaje hacia la observación significativa de los principios y elementos que subyacen en el “funcionamiento de la naturaleza”, algo que podríamos señalar como bioaprendizaje, quizás no en el sentido literal acuñado por Maturana (1990) pero que sí que estaría vinculado con dicha concepción en cuanto a reconocer la necesidad de explorar nuestra propia naturaleza como seres vivos y aprender de ella. Un aprendizaje de lo *bio* que señalaría procesos pautados por el conocimiento adquirido a partir de explorar el medio natural (Gómez Olaya, 2015; Speck *et al*, 2017).

De esta forma no solo estaríamos llevando las enseñanzas a una coherencia con el momento actual, sino que además se estaría siendo coherente con su naturaleza multidisciplinar y compleja del diseño (Morales, 2017). Como han apuntado en su estudio Meyer y Norman (2019), los centros formativos, ante esa creciente complejidad de la sociedad que nos ha tocado vivir, deberían ser garantes de futuro y acompañar a nuestros estudiantes en su concepción de un nuevo paradigma de conocimiento fruto de la sociedad ya futura. A nivel histórico, la búsqueda de soluciones en la naturaleza presenta una larga tradición, cuyo referente más conocido puede ser la figura de Leonardo Da Vinci y sus ingenios voladores. Una inspiración que en todo caso cobra mayor importancia a partir de la segunda mitad del siglo veinte con las emergentes crisis que tienen un impacto sobre el medio natural (Carlson, 1962), y que empiezan a aludir a la necesaria responsabilidad de los propios diseñadores (Papanek, 1970). El propio Papanek apunta al hablar de una de las primeras concepciones relacionadas con el conocimiento del ámbito natural, como es la biónica:

“La revolución industrial nos dió una era mecánica, las últimas décadas nos han proporcionado una tecnológica, pero estamos entrando en una era biomórfica”, “La biología o la biónica ofrecen al diseñador el campo más amplio para desarrollar los conceptos de innovación y creatividad” (Papanek).

Sin embargo, y a pesar de que los primeros avisos sobre la emergencia climática y el impacto ambiental que viene a señalar a la naturaleza como fuente de inspiración, conocimiento y aprendizaje, no es hasta entrados los años ochenta cuando aparecen a nivel académico los primeros programas (Di Bartolo, 1980) y los primeros análisis que señalan

a la biónica, como antecedente, como una estrategia de diseño y una estrategia docente, es decir de enseñanza/aprendizaje (Songel, 1991 a través de Pearce y Stevens, 1986). Y no es hasta bien entrada la primera década del siglo XXI cuando se empiezan a incorporar en las titulaciones y grados de diseño industrial o diseño de producto (López-Forniés y Berges-Muro, 2014). La razón quizás sea la complejidad de acercarse desde el diseño a la naturaleza por los diferentes lenguajes empleados y por tanto las dificultades para familiarizar a los estudiantes con este nuevo campo de conocimiento.

En el caso que nos ocupa, desde hace ocho años, y en lo que respecta al Grado en Diseño de Producto, se han analizado distintas estrategias en este sentido de ir formando desde distintas perspectivas a nuestros estudiantes. Estrategias que incorporan diferentes experiencias aproximativas que van desde el primer curso del Grado hasta su contextualización en las asignaturas de biónica y sistemas, en la que se aborda en el sentido metodológico de una manera más formal.

En los siguientes párrafos se incide en experiencias concretas, analizadas como objetivo el grado de consecución de estrategias de biodiseño y bioaprendizaje. Ante todo nos centraremos en aquellos requerimientos que se han ido comprendiendo se encuentran en la base de los significados que aporta la naturaleza, de cara a una transferencia al mundo de lo artificial.

Estrategias y propuestas para un biodiseño bioaprendido

Uno de los aspectos representativos del diseño son los patrones y elementos visuales, algo que no es exclusivo del mundo artificial. Como señala Philip Ball en su libro *Patterns in nature, why the natural world looks the way it does*, la naturaleza presenta de forma extensiva dichas características. El autor afirma que si bien esta manera de “organización” puede resultar de interés para biólogos, matemáticos, físicos o químicos, sobre todo puede ser muy enriquecedor para disciplinas que no respetan las fronteras. Y es ahí donde se sitúa el diseño o las artes en general.

El libro es un ejemplo patente, como recurso, de las posibilidades visuales que proporciona la naturaleza como base de inspiración. Pero además, en alusión a un campo de interacciones que pensamos corresponde con las estrategias de bioaprendizaje, fortalece entre los estudiantes la comprensión de las interrelaciones entre las disciplinas científicas, el diseño y las artes, promoviendo nuevos campos de acción y de proyectación.

En el texto se hace mención, por sus contribuciones, a las figuras del zoólogo D'Arcy Thompson, primera referencia en el campo de la biomatemática, y a la figura últimamente reivindicada de padre de la computación, Alan Turing. El científico inglés, con su teoría de la morfogénesis, o mecanismos físico-químicos que estarían en el origen de los patrones que observamos se situaría también como una figura clave a la hora de acercarnos a la naturaleza (*Ver Figura 1, p. 195*).

Este contexto histórico, a modo de introducción a las propuestas, se cita como ejemplo, a la hora de señalar las primeras experiencias de trabajo con estudiantes del diseño gráfico en las asignaturas de Ciencias I y II del primer curso del Grado, que se habría extrapolado

al resto de disciplinas, y que resulta muy útil para comprender ese marco abierto en el que se entrecruza la naturaleza y las disciplinas científicas con las artes y el diseño.

En las experiencias realizadas, se analizó ante todo el concepto de patrón desde la dimensión natural y artificial. Además de los patrones de Turing, también se trabajó en torno a aspectos más conocidos como la espiral áurea u otras geometrías que aparecen en la naturaleza y que promueven un acercamiento a las relaciones forma-función, tanto en el mundo natural, como en el mundo artificial.

En los siguientes apartados se introducen algunos proyectos cuyo objetivo fundamental, desde distintos enfoques y aproximaciones, ha sido la contextualización de la inspiración natural en el campo del diseño y la enseñanza aprendizaje de lo *bio* entre nuestros estudiantes.

Ecosistemas locales, ciencia ciudadana y diseño

Los entornos locales son espacios en los que la biodiversidad, dada su proximidad, permite aprendizajes más significativos. A nivel metodológico, y recurriendo a la espiral biomimética, la etapa de descubrimiento permite en estos espacios un análisis para la búsqueda de posibles soluciones que forman parte de un contexto cercano al del estudiante, por lo que facilitan, incluso a nivel conceptual el trabajo de transferencia de conocimientos del mundo natural que nos rodea y las problemáticas y soluciones de diseño.

El conocimiento del medio natural desde un contexto cercano, no solo puede mejorar la comprensión de los seres vivos, sino proporcionar herramientas para el descubrimiento en las relaciones mundo natural-mundo artificial (diseño), de modo que se fomenten relaciones bidireccionales de conocimiento y ayuda mutua.

De esta forma, el proyecto insectívoros/pájaros en la nube (en su segunda etapa) nace como una experiencia de diseño y ciencia ciudadana (Müller y Lu, 2018). Una propuesta de diseño que se enriquece además de ese enfoque transdisciplinar y coparticipado por la ciudadanía en el desarrollo de investigaciones científicas, y la autonomía en iniciativas propias de planificación urbana.

En este caso, ante un problema de salud pública que deriva de la presencia cada vez mayor de insectos como vectores de infecciones o alergias, nace un proyecto que trata de determinar la presencia (o la cada vez mayor ausencia de depredadores naturales en el entorno urbano, fundamentalmente: aves insectívoras y murciélagos).

A partir de la formación de un equipo transdisciplinar formado por zoológicos expertos en fauna avícola local, ingenieros informáticos y electrónicos que colaboran en el proyecto, la *Fundación Ibercivis* de ciencia ciudadana y los laboratorios de fabricación digital, junto con los estudiantes de diseño, buscan una solución que nos permita tener un conocimiento de cuál es el estado de la fauna insectívora. El objetivo final, a partir del conocimiento adquirido por la intervención diseñada en el proyecto, es tomar medidas que incentiven la presencia de depredadores en el control de plagas, por encima de otras medidas adoptadas por el consejo local menos sostenibles.

El reto es, determinar qué seres vivos son fundamentales, qué tipo de hábitats urbanos colonizan o han colonizado, cómo lo hacen y poder diseñar dispositivos que no solo permitan habitar y criar, sino obtener información. En este sentido los estudiantes requieren tener información sobre cuáles son los parámetros que facilitan los anidamientos, y las condiciones que se requieren, pero además diseñar para integrar dichos dispositivos de manera adecuada en distintos contextos urbanos.

Por otro lado, el dispositivo debe albergar un módulo con los sensores para determinar qué está ocurriendo. Módulo de electrónica conectada a una red IoT diseñada por agentes colaboradores –y que desde el diseño– sea un módulo integrado para no interferir en el día a día de los seres vivos que ocupan el habitáculo y anidan o crían en él.

Por último, y dentro de la complejidad del proyecto para el conocimiento del medio natural y de los seres vivos, los centros educativos que van a alojar el dispositivo y van a realizar la observación y la toma de datos a través de la app que procesa la información de la IoT, coparticipan en el diseño final del objeto o habitáculo, al adaptarlo a su propio centro y características. De esta forma el reto de nuestros estudiantes es diseñar con la suficiente flexibilidad para que otros agentes se incorporen a la fase de diseño, aunque carezcan de conocimientos iniciales.

Como reflexión final en esta breve descripción de la propuesta y –centrándonos en la parte correspondiente a los aprendizajes realizados– se trata de un proyecto que les permite acercarse al medio natural desde un enfoque que incorpora múltiples perspectivas. Estudiar las formas de vida, sus hábitats, sus espacios de crianza o anidamiento, y cuya información es fundamental y relevante para el diseño. Una búsqueda de soluciones que van a reportar beneficios para la salud humana, pero que permite diseñar un ecosistema urbano más “sostenible” para los propios seres vivos que lo habitan, facilitando su presencia en una relación de mutuo beneficio. En las *figuras 2 y 3 (p. 195)* se muestran dos de los prototipos que se realizaron en distintas fases del proyecto.

La naturaleza como fuente de inspiración, experimentación e investigación para una materialidad sostenible

En el caso de los seres vivos y los ecosistemas, la dimensión material parece estar resuelta con eficacia, efectividad, economía de recursos y la suficiente flexibilidad para, con muy pocos elementos, dar cumplimiento a todas las funciones, formas y estructuras requeridas, minimizando a su vez el concepto de residuo (Riechmann, 2004).

En los últimos años existe un interés desde el diseño en la investigación e innovación en nuevos materiales que se adapten a los ciclos naturales, permitiendo su integración en la tecnósfera y la biósfera (McDonough y Braungart, 2002). Incluso desde la vertiente más experimental, se auspician propuestas de desarrollo en simbiosis con laboratorios de materiales desde el punto de vista de la innovación bioinspirada (Langella, 2009). Por tanto, las nuevas actitudes hacia la búsqueda de nuevos materiales que se advierten en el ámbito profesional, deberían promoverse de alguna forma en el ámbito de las instituciones de enseñanza del diseño (Hasling, 2018).

En el caso de nuestra institución se lleva promoviendo un trabajo en el campo de los biomateriales, compatible a su vez con la búsqueda de soluciones en la naturaleza. Con distintos objetivos entre los que está diseñar desde las propias analogías naturales y aprender de sus formas de desarrollo, la “nueva materialidad” se ha ido introduciendo desde la experimentación como parte de la proyectación, a la vez que se trataba de adquirir competencias en la investigación de materiales.

Entre los denominados biomateriales se han valorado las posibilidades y el conocimiento del micelio, la celulosa bacteriana, así como las distintas formulaciones de bioplásticos a partir de componentes naturales.

De los dos primeros, por ser materiales o estructuras fabricadas por organismos vivos – aparte de las utilidades que en los últimos años se les están atribuyendo (Ecovative, 2007)– en nuestro caso nos permite introducir otro enfoque para estudiar el comportamiento y función de la naturaleza en cuanto a la materialidad. El micelio por ejemplo es un sistema radicular constituido por hifas capaces de colonizar diferentes sustratos. Se trata de la parte oculta que lo que conocemos como hongos (Pico, Camila, biomateriales y diseño industrial. Una experiencia interdisciplinar en contexto rural, polis n 17 2020).

Existe por tanto un interés a la hora de estudiar su comportamiento y el tiempo de sustratos que es capaz de colonizar, así como el material final que puede generar en muchos casos a partir de residuos de distintas actividades (residuos agroforestales, de la industria hostelera como el café, industria papelera, etc.). De este modo –a la par que se introduce la experimentación e investigación de la naturaleza– en paralelo se apuesta por un desarrollo de las competencias en dichas dimensiones entre los estudiantes en busca de materiales más sostenibles.

Partiendo de este enfoque, la ESDA, de nuevo en colaboración con agentes expertos como son los responsables del laboratorio de biomateriales y fabricación digital (LIA-CESAR) del ayuntamiento de la ciudad y la Universidad de Zaragoza, viene trabajando en distintas propuestas desde 2019. El objetivo es conocer las características que permiten este tipo de biomateriales en sus aplicaciones al ámbito del diseño, a la par que se investigan sobre distintos aspectos de orden biológico en cuanto a los organismos que los generan (también se ha llevado a cabo una investigación en ciernes sobre la coloración bacteriana).

A lo largo de estos tres cursos académicos, estudiantes del Grado en Diseño de Producto han analizado, a través de la experimentación los mecanismos biológicos y las magnitudes físicas que afectan al crecimiento de las hifas del micelio, así como los nutrientes-sustrato más adecuados en la búsqueda de materiales con características adecuadas para su aplicación a un proyecto del ámbito social. En este mismo sentido se hizo lo propio con el comportamiento de las distintas acetobacterias responsables de la polimerización de la celulosa bacteriana.

En ambos casos –y con la colaboración y el conocimiento de la bioquímica responsable del laboratorio de biomateriales– se aúnan varios objetivos:

- Les permite comprender desde la experimentación e investigación las características y particularidades de materiales generados por seres vivos,
- Les ayuda a hacerse más conscientes y reflexionar sobre su responsabilidad a la hora de los procesos de selección de materiales, y las posibilidades en cuanto a desarrollar propuestas de mucho menor impacto y mayor circularidad,

- Por último, son capaces de atender a las características y comportamientos de los materiales en su transferencia a sus propuestas de diseño.

Además el seguimiento del proyecto a lo largo de distintos cursos les facilita entender cómo funciona la investigación básica, en la mayoría de los casos con el aporte continuado de multitud de investigadores a lo largo de los años, en este caso, con el conocimiento adquirido por sus compañeros de otros cursos previos.

Las *figuras 4 y 5* (p. 195) representan la propuesta de aplicación a un objeto de carácter social al estar destinado a niños de colectivos desfavorecidos. Se trata de prototipos para el diseño de una bicicleta de equilibrio realizada en micelio en la mayoría de los elementos estructurales, y celulosa bacteriana y/o biopolímeros plásticos para partes no estructurales. En el caso de la *figura 4* representa un prototipo a escala 1:4 realizado durante el curso académico 20/21. La *figura 5* representa uno de los cuatro prototipos realizados durante el curso académico 21/22 a escala 1:2. El objetivo final es, a partir del conocimiento generado a lo largo de estos tres años (durante el primero se realizó ante todo investigación básica sobre los procesos de crecimiento del micelio, sustratos, etc., así como de la kombucha), poder llegar a desarrollar un prototipo funcional a escala 1:1 y valorar su posible fabricación. En conclusión, se trata de una propuesta que pone en juego la importancia de los materiales y las posibilidades de aquellos en los que intervienen seres vivos, por los elementos de sostenibilidad que involucran. Genera un conocimiento entre los estudiantes que se acumula y se comparte en relación a la diferencia que existe entre el mundo de los materiales artificiales y el de la naturaleza. Y les ayuda a tomar conciencia sobre su aplicabilidad, en este caso además apostando por un proyecto de diseño social.

Bioaprendizaje y metodologías de diseño bioinspirado

Una de las cuestiones que parece tener mayor importancia entre nuestros estudiantes a la hora de acercarnos a la naturaleza son los aspectos metodológicos. Más allá de mostrar y describir las posibilidades que ofrece en la búsqueda de soluciones, requieren un aprendizaje de procesos pautados para alcanzar dicho conocimiento, tanto del medio como de los seres vivos (Gómez Olaya, 2015; Speck *et al*, 2017).

Existen distintas aproximaciones, desde el sujeto natural y su posible aplicación a posibles soluciones de problemas de diseño, o desde el problema de diseño y la búsqueda de soluciones en el medio natural. En ambos casos es una forma de entender las estrategias que emplean los seres vivos y su posible aplicación a problemas del ser humano y como señala Songel (1991), una manera de generar contenidos científicos en diseño, a la par que se trabaja desde distintas metodologías. Se trata por tanto un aspecto que desde la ESDA se viene trabajando con los estudiantes del tercer curso del Grado en Diseño de Producto en las asignaturas propias de biónica. Estudiantes que por otro lado ya han tenido experiencias previas como las mencionadas en los apartados anteriores. De esta forma se cierra una secuencia de aprendizaje del mundo natural incidiendo en la necesidad de contar con metodologías y herramientas que nos ayuden a recuperar información, a la par que

se sigue incidiendo en los aspectos conceptuales, o en la comprensión epistemológica del campo de acción e interacción del mundo vivo-mundo artificial: diseño. Por último, las metodologías también permiten explorar los aspectos más creativos de una manera formal y sistemática.

Si bien existen multitud de métodos y metodologías (Coelho y Versos, 2011) en los últimos cuatro años se ha optado por implementar una metodología clásica diseñada por Carmelo di Bartolo ya que permite a los estudiantes familiarizarse con distintos aspectos a la hora de abordar un problema y la búsqueda de soluciones, y evolucionar en la comprensión desde algo muy abierto a una metodología, como es la desarrollada por el *Biomimicry Institute* o denominada espiral biomimética. Se trata de una metodología de mayor complejidad, pero que en la actualidad cuenta con mayor desarrollo conceptual y recursos a los que acudir, además de introducir pequeños aspectos sobre la evolución de la biónica como disciplina a la biomimética, mucho más vinculada con los problemas medioambientales, y no tanto con el desarrollo tecnológico.

A pesar de las diferencias, los estudiantes se encuentran a la hora de ir completando las distintas etapas, con problemas similares, sobre todo en las etapas de análisis de los sujetos naturales. Podemos señalar que, si bien la taxonomía desarrollada por *Biomimicry Institute* facilita la comprensión, en general todas presentan ciertas carencias en cuanto a las herramientas que se ponen a disposición de los estudiantes para recuperar información valiosa del mundo natural. En este sentido, uno de los aspectos relevantes que se ha observado es el conjunto de competencias científicas que deben movilizar para que la información recuperada sea transferible al ámbito del diseño, y les permita ir más allá de establecer analogías meramente formales (*Ver Figura 6, p. 195*). Como señala el investigador profesor de física aplicada de la Universidad de Columbia, Nanfang Yu en alusión a la búsqueda de inspiración:

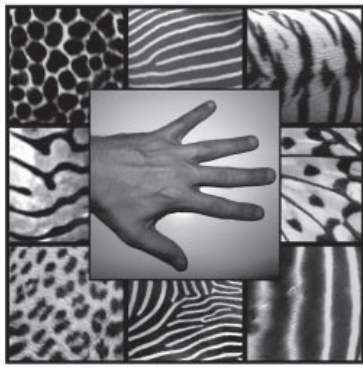
Los órganos (de los animales) que han evolucionado para percibir o controlar ondas electromagnéticas suelen superar en sofisticación y eficiencia a los dispositivos creados por el hombre. Entender el concepto de estos diseños naturales profundiza nuestro conocimiento de los sistemas biológicos complejos y nos inspira para crear tecnologías nuevas.

A modo de ejemplo, en uno de los trabajos realizados durante el curso 2021, una estudiante, siguiendo la metodología de Carmelo di Bartolo, plantea un problema de diseño a través de formular una pregunta, a partir de una problemática que ocurre en su país de origen, Ecuador: *¿Cómo proteger a comunidades educativas en lugares en los que el grado de insolación es elevado?*, y en la segunda etapa, formula la pregunta *¿Cómo lo consigue la naturaleza?*. Es a partir de aquí cuando la estudiante comienza un trabajo de búsqueda, investigación y análisis de distintos organismos que presentan mecanismos para protegerse de temperaturas o radiaciones extremas. Durante esta búsqueda la estudiante requiere de elevadas competencias para comprender la información de ciertos repositorios, ante todo del ámbito biológico, siendo este uno de los mayores retos que se plantean en lo que venimos señalando como bioaprendizaje.

En las *figuras 7 y 8* (p. 195) se muestra, por un lado la ficha elaborada con imágenes de las estructuras que emplea la hormiga plateada del desierto de Namibia para reflejar la radiación y evitar que su temperatura alcance la temperatura ambiente, siendo este un mecanismo también de defensa frente a los depredadores, al poder ir en busca de alimento en las horas en las que es imposible que muchos otros seres vivos se encuentren a su paso. Se trata de uno de los seres vivos seleccionados por su mecanismo y que, en la etapa 4 que no figura en el texto, se debe analizar con mayor profundidad para posteriormente hacer su propuesta de aplicación a su problema, etapa 5 (*Ver Figura 8*).

Es precisamente entre la etapa 3, en la que, a partir de repositorios accesibles y otras fuentes se seleccionan aquellos sujetos que puedan ajustarse a nuestro problema, y la etapa 5 de aplicación donde mayores problemas se plantean a los estudiantes. Ya que en general, bien sea la etapa cuatro en la metodología de Carmelo di Bartolo o las correspondientes a la espiral biomimética, descubrir y emular, donde se sitúan las dificultades por lo señalado anteriormente, herramientas de análisis de las soluciones de la biología, bien sea a nivel formal-funcional-material o estructural, o en su conjunto.

De todos modos, con la aplicación de las metodologías, el encuentro con grandes repositorios de información, y el aprendizaje pautado sigue siendo una estrategia de aprendizaje que es necesario fomentar, al margen de las dificultades y la solución óptima que es permitir trabajar en equipos donde haya encuentros con expertos en biología.



1



2



3



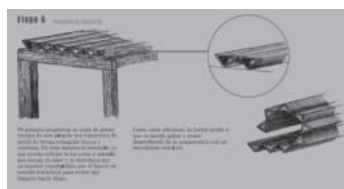
4



5



6



7

Figura 1. Patrones de Turing. Fuente: Luciano Marcon y Jelena Raspopovic de <https://www.agenciasinc.es/Noticias/Las-matematicas-de-Turing-explican-la-formacion-de-los-dedos>. **Figuras 2 y 3.** Prototipo de habitáculo útil para albergar tanto aves como murciélagos, según disposición. El módulo arduino con los sensores que envían información se sitúa en la parte superior y está conectado a través de distintos orificios con el interior. Los sensores permiten recoger información sobre cambios en la temperatura, humedad e intensidad de luz lo que permite determinar si ha habido cambios y por tanto si el módulo está siendo habitado. Propuesta seleccionada en el BID 21 en la muestra de estudiantes. **Figura 4.** Prototipos realizados por estudiantes del Grado en Diseño de Producto de la ESDA durante el curso 20/21. Escala 1:4. El manillar tiene recubrimiento de celulosa bacteriana y biopolímero. El resto, incluidas las ruedas está diseñado en micelio. **Figura 5.** Prototipo realizado por un equipo de estudiantes durante el curso 21/22 a escala 1:2. Todas las partes de la bicicleta, salvo los pernos, están realizadas a partir de micelio y un sustrato a base de cartón reciclado y posos de café. **Figura 6.** Fuente: <https://www.apam.columbia.edu/faculty/nanfeng-yu>. **Figura 7 y 8.** Las imágenes de la parte superior muestran una ficha en la que se muestran algunos aspectos que derivan del análisis del sujeto natural en relación al problema o pregunta planteada y la aplicación en forma de bocetos de una posible solución recogida de la solución aportada por el sujeto natural.

Reflexiones y Conclusiones

Las tres propuestas que se han descrito de manera breve pretenden reflejar, desde diferentes perspectivas la aproximación al ámbito de la naturaleza como fuente de inspiración y ante todo como base de aprendizaje que se viene realizando en la ESDA. Un trabajo por niveles de formación en el campo de diseño, y con un objetivo de permitir crecer a los estudiantes en el sentido de la bioinspiración y el bioaprendizaje.

- El primer caso, como ya se ha apuntado, es un reflejo de un proyecto que se sirve de lo local, en el sentido de las corrientes biomiméticas como fuente de aprendizaje, además de interseccionar con otros marcos de generación de conocimiento como es la ciencia ciudadana, el diseño compartido, la transdisciplinariedad e incluso el enriquecimiento mutuo del diseño hacia la mejora de los entornos naturales urbanos y a su vez, de lo que los seres vivos más próximos presentan de beneficioso para el ser humano. Por este motivo se ha considerado que es una propuesta, que además de permitir trabajar aspectos metodológicos o materiales, sobre todo pone de relieve la importancia de que los estudiantes entiendan la parte conceptual o epistemológica de las relaciones vida-diseño. En este sentido podemos señalar que si bien las dificultades para coordinar y planificar tantos elementos fueron muchas, también hay que destacar que la implicación de los estudiantes, el grado de conocimiento adquirido, su esfuerzo y trabajo permiten señalar la importancia de biodiseñar y bioaprender en contextos cercanos.
- El segundo caso referido a un cambio de paradigma sobre la materialidad en diseño nos sitúa en la encrucijada que vincula la proyectación en diseño, la responsabilidad social y medioambiental a través de ese término común y general como es la sostenibilidad, además de incorporar la experimentación e investigación en la formación de los estudiantes. En un mundo en emergencia climática y medioambiental que gira cada vez más en torno a la búsqueda de recursos de menor impacto con estrategias de valorización de residuos como es la denominada economía circular, el diseño no debería ser ajeno a las nuevas necesidades y sobre todo, debería estar presente en esa búsqueda de soluciones mucho más coherente con las emergencias. La materialidad es una de las dimensiones del medio natural fundamentales para comprender otras dimensiones funcionales y estructurales. Comprender como la naturaleza es capaz de “materializarse” nos puede permitir entender como en el mundo artificial podemos proyectar de otra forma. Por tanto la propuesta que toma dos ejemplos muy en boga, ayuda a estudiar el comportamiento de dos seres vivos y cómo son capaces de generar distintos tipos de materiales que se pueden transferir (ya se están haciendo) al mundo del diseño. De este modo las enseñanzas y el aprendizaje de nuevo se tornan significativos para el estudiante, que además se permite indagar, experimentar e investigar para alcanzar nuevos logros a veces de una forma semiautónoma.
- Por último, uno de los aspectos fundamentales de una transdisciplina es poder trabajar de manera sistemática y siguiendo metodologías que permitan pautar el aprendizaje. Además las metodologías ayudan a tener una visión global de los problemas, las soluciones y la complejidad, pero también las posibilidades que aporta este campo de conocimiento.

En conclusión, como han señalado diversos autores (Norman y Meyer, 2019; Vieyra de Arruda y Langella, 2021) las dificultades que supone buscar soluciones, bien a problemas

ya establecidos o a nuevos problemas de diseño desde la perspectiva creativa, en el ámbito de la naturaleza no debe ser un freno para que, la innovación y el cruce disciplinar se promueva en las Escuelas de Diseño, dado que la complejidad de los problemas a los que se va a enfrentar la humanidad debe preparar a nuestros estudiantes para ellos.

En nuestro caso entendemos que, el propio aprendizaje de cómo la naturaleza se comporta y le permite su propia autogestión, debe ser pautado ya través de diversas experiencias que impliquen lo epistemológico y conceptual, lo material-estructural y lo metodológico. Pautado además en cuanto a la propia evolución del pensamiento de diseño de nuestros estudiantes. Consideramos que es mucho más adecuado introducir en distintos elementos, para en un momento dado abordarlo desde una perspectiva mucho más global.

Referencias

- Coelho, D.A. y Versos, C.A.M. (2011). A comparative analysis of six bionic design methods. *International Journal of Design Engineering 4*: 114-131.
- Di Bartolo, Carmelo (1991). *Structure Naturali e Modelli Bionici*, Departamento of industrial design, istituto Europeo di Design.
- Fragoso-Susunaga, O. (2021). El impacto de la complejidad en la enseñanza del diseño en tiempos del Covid 19. *Cuaderno del Centro de Estudios en Diseño y Comunicación (137)*, pp189-197.
- Gómez Olaya, A.P. (2015). *Desarrollo sostenible, aprendizaje desde el capital natural y discontinuidad tecnológica*. (Tesis de Doctorado no publicada). Universidad Complutense de Madrid.
- Hasling, Karen Marie (2018). “Perspectivas del papel de los materiales en la enseñanza del diseño de producto sostenible”. *Temas de disseny 34*: 102-113.
- Langella, C. (2010). El diseño interpreta la innovación en materiales. *Revista i+Diseño, vol 2*, pp 182-190.
- López-Forniés, I. y Berges-Muro, L. (2014). Aproximación al diseño biomimético. Aprendizaje y aplicación. *Dyna*, vol. 81(188) pp. 181-190. UN de Colombia Medellín.
- Maturana, H. (1990). *Biología de la cognición y epistemología*. Editorial Universidad de las Fronteras.
- Mercado, M. y Sosa, B.L. (2020). La enseñanza del diseño desde la perspectiva de la complejidad. *Actas de Diseño 26. Facultad de Diseño y Comunicación. Universidad de Palermo*, pp 110-114
- Meyer, M. y Norman, D.A. (2020). Changing Design Education for the 21st Century. *She Ji the Journal of design economics and innovation 6(1)*: 13-49
- Müller, J., Lu, H., Chirkin, A. y Klein, B. (2018). Citizen Design Science: A strategy for crowd-creative urban design. *Cities 72*: 181-188.
- Papanek, V. (2014). *Diseñando para un mundo real*. Ecología humana y cambio social. Pol. len ed: Barcelona.
- Quirós, M. (2017). Ciudad Sostenible. Mira y Aprende, la naturaleza lo hace mejor.

- Riechmann, J. (2005). ¿Cómo cambiar hacia sociedades sostenibles? Reflexiones sobre biomímesis y autolimitación. *Isegoría* 32, pp 95-117.
- Speck, O., Speck, D., Horn, R., Gantner, J. y Sedlbuer, K.P. (2017). Biomimetic bioinspired biomorph sustainable? An attempt to classify and clarify biology-derived technical developments e, en *Bionspiration&Biomimetics*, vol 12(1).
- Songel, G. (1994). Naturaleza, diseño e innovación: una propuesta metodológica. Milán: Elisava tomado de http://tdd.elisava.net/coleccion/10/natura-disseny-i-innovacio-proposta-metodologica-es/view?set_language=es (1991). Estudio metodológico de la biónica aplicada al diseño industrial, Tesis doctoral. ETSI Universidad Politécnica de Barcelona.
- Vanden Broeck, F. (2000). *El diseño de la naturaleza o de la naturaleza del diseño*. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, División de Ciencias y Artes para el Diseño, Departamento de Medio ambiente.
- Vieyra de Arruda y Langella (2021). Prólogo. Biodiseño, Innovación y Transdisciplinariedad II. En: *Cuadernos del Centro de Estudios en Diseño y Comunicación N°149*. Facultad de Diseño y Comunicación, Universidad de Palermo, Argentina.

Abstract: Throughout history, human beings have faced crises of different kinds which, in many cases, have meant changes in the framework of knowledge or paradigm since the conception of the historian and philosopher of science T. S. Kuhn (1962). In recent decades, the model of development that predominated after the Second World War has been called into serious question, above all because of its impact on resource depletion and environmental impact, without wishing to go beyond what is necessary to address the more than obvious social inequalities.

Such developmentalism has undoubtedly been sponsored by a certain conception of design which, to allude to Victor Papanek, would have omitted its responsibility for many of the consequences of acting and thinking in an inexhaustible model, in which not only nature and the ecosystem that allows us to survive have been turned our backs on, but also on millions of years of teaching.

Currently, the paradigm we mentioned in the first paragraph, and in coherence with a field of knowledge such as transdisciplinary design, is turning its gaze towards the teachings of nature. Teaching which, on the other hand, requires prior learning of the languages and meanings of the biological plane. A biolearning that allows the foundations to be laid for bioinspiration and the transfer of knowledge to the field of design for the sake of solutions that are more coherent with an economic, social and environmental vision from a new perspective that is more in line with the natural cycles themselves.

Focusing on the context of training centres for the designers of the future, biolearning and bioinspiration require concrete experiences that allow us to experiment, give meaning and reflect on the meaning of the relationship between life and the artificial—which is design—that is, between nature and human beings in an appropriate coexistence.

In the last seven years, the Escuela Superior de Diseño de Aragón (ESDA) has been reflecting on the problem of bringing students closer to these currents, in an updated panorama

that requires designers who are increasingly aware and concerned about the solutions they provide. Three different experiences are presented which –at different levels of biolearning– share transdisciplinary frameworks and the aim of raising awareness in a more global panorama of the search for conceptual, methodological and material alternatives that are much more sustainable.

The first of the experiences places the student in a collaborative and co-participatory citizen science project with multiple agents involved. Based on a public health problem in a local environment, design students are allowed to contribute solutions and approach nature from a specific approach.

The second experience –in collaboration with two experimental laboratories– points to the necessary reflection on materiality and, in this case, the possibilities of biomaterials, some of which directly involve living beings. In this way, it shows how living beings make it possible to create a material reality that is much less complex and has less impact, which, as an experience, serves different objectives, including showing life from a material point of view.

Finally, the third experience is more related to the methodological aspects of what it means to be bio-inspired and to analyse the solutions that nature has already provided, and how these solutions and methodologies must have fruitful intersections with design methodologies, for which it is necessary to instruct the student in the complexity of these intersections.

The experiences presented make up a curricular framework that permeates the training of students, in this case in Product Design, and which, from different levels in its development, presents the final objective of showing a new look that makes possible a new field of design, something that we will point out in the final considerations regarding the results achieved.

Keywords: BioDesign - Bioinspiration - Biomimetics - Biolearning - Transdisciplinary - Polidisciplinary - Citizen Science Design - Material Sustainability

Resumo: Ao longo da história, os seres humanos têm enfrentado crises de diferentes tipos que, em muitos casos, significaram mudanças no quadro do conhecimento ou paradigma desde a concepção do historiador e filósofo da ciência T. S. Kuhn (1962). Nas últimas décadas, o modelo de desenvolvimento que predominou após a Segunda Guerra Mundial foi seriamente questionado, sobretudo devido ao seu impacto no esgotamento dos recursos e no impacto ambiental, sem pretender ir além do necessário para enfrentar as desigualdades sociais mais do que óbvias.

Tal desenvolvimentismo foi sem dúvida patrocinado por uma certa concepção de design que, para aludir a Victor Papanek, teria omitido a sua responsabilidade por muitas das consequências de agir e pensar num modelo inesgotável, no qual não só a natureza e o ecossistema que nos permite sobreviver nos viraram as costas, mas também em milhões de anos de ensino.

Atualmente, o paradigma que mencionámos no primeiro parágrafo, e em coerência com um campo de conhecimentos como o design transdisciplinar, está a virar o seu olhar para os ensinamentos da natureza. Ensino que, por outro lado, exige a aprendizagem prévia das

línguas e dos significados do plano biológico. Uma bio-aprendizagem que permite lançar as bases para a bioinspiração e a transferência de conhecimentos para o campo do design em prol de soluções mais coerentes com uma visão económica, social e ambiental a partir de uma nova perspectiva mais consentânea com os próprios ciclos naturais.

Centrando-se no contexto dos centros de formação para os designers do futuro, a bio-aprendizagem e a bioinspiração requerem experiências concretas que nos permitam experimentar, dar sentido e reflectir sobre o significado da relação entre a vida e o artificial –que é o design– ou seja, entre a natureza e o ser humano numa coexistência adequada.

Nos últimos sete anos, a Escuela Superior de Diseño de Aragón (ESDA) tem vindo a reflectir sobre o problema de aproximar os estudantes destas correntes, num panorama actualizado que exige designers cada vez mais conscientes e preocupados com as soluções que oferecem. São apresentadas três experiências diferentes que –a diferentes níveis de bio-aprendizagem– partilham quadros transdisciplinares e o objectivo de sensibilização num panorama mais global da procura de alternativas conceptuais, metodológicas e materiais que sejam muito mais sustentáveis.

A primeira das experiências coloca o estudante num projecto científico cidadão colaborativo e co-participativo com múltiplos agentes envolvidos. Com base num problema de saúde pública num ambiente local, os estudantes de design podem contribuir com soluções e abordar a natureza a partir de uma abordagem específica.

A segunda experiência –em colaboração com dois laboratórios experimentais– aponta para a necessária reflexão sobre a materialidade e, neste caso, as possibilidades dos biomateriais, alguns dos quais envolvem directamente seres vivos. Desta forma, mostra como os seres vivos tornam possível criar uma realidade material muito menos complexa e com menor impacto, que serve, como experiência, diferentes objectivos, incluindo mostrar a vida de um ponto de vista material.

Finalmente, a terceira experiência está mais relacionada com os aspectos metodológicos do que significa ser de inspiração biológica e analisar as soluções que a natureza já forneceu, e como estas soluções e metodologias devem ter interseções frutuosas com as metodologias de desenho, para as quais é necessário instruir o estudante na complexidade destas interseções.

As experiências apresentadas constituem um quadro curricular que permeia a formação dos estudantes, neste caso em Design de Produto, e que, a partir de diferentes níveis no seu desenvolvimento, apresenta o objectivo final de mostrar um novo olhar que torna possível um novo campo do design, algo que assinalaremos nas considerações finais relativamente aos resultados alcançados.

Palavras chave: BioDesign - Bioinspiración - Biomimética - Bioaprendizagem - Transdisciplinar - Polidisciplinar - Citizen Science Design - Sustentabilidade Material
