

Analogía biológica ¿Es posible una arquitectura “viva”?

Carlos G. Giménez ⁽¹⁾, Marta Mirás ⁽²⁾ y
Julio Valentino ⁽³⁾

Resumen: La relación entre arquitectura y biología es un vínculo de larga tradición en nuestro campo disciplinar. Sin embargo, en la actualidad, en el ámbito de la teoría y la práctica de la arquitectura emergen una serie de términos novedosos que se incorporan al lenguaje y acciones en la disciplina: biomímesis, arquitectura evolutiva, diseño morfogenético, morfoecologías, arquitectura de protocélulas, arquitectura generativa y otros derivados de la ciencia biológica. Este artículo indaga, a partir de nuestras investigaciones –centradas en el pensamiento analógico y las memorias descriptivas– la vinculación de este binomio, su evolución histórica y algunas cuestiones del estado más avanzado del tema en la contemporaneidad.

Palabras clave: Analogía biológica - Teoría arquitectónica - Morfogénesis - Biomímesis - Arquibiótica - Arquitectura viva.

[Resúmenes en inglés y portugués en la página 81]

⁽¹⁾ Carlos Gustavo Giménez es Arquitecto. Profesor titular de Historia y de Teoría de la Arquitectura. (Arquitectura- FADU-UBA). Profesor de la Carrera de Especialización en Diseño Interior (ABM). Investigador principal del Instituto de Arte Americano (FADU) e integrante de su Comité Directivo.

Es autor de *Alejo Martínez. La experiencia moderna en la Argentina y Memoria en Piedra y Bronce. El Monumento a la Bandera en la ciudad de Rosario*. Participó de varios proyectos con acreditación de Mecenazgo Cultural. Integrante del Comité editorial de la Guía *Arqi* (primera guía digital de la Arquitectura en la Argentina). Integrante del Equipo Curatorial de la Muestra “Apolo y Dionisos en la arquitectura argentina. Mario Roberto Álvarez y Clorindo Testa juntos en el Marq” (2017) y de “Clorindo Inédito” (2018) ambas en el Marq (SCA).

Ha dictado numerosas conferencias en instituciones vinculadas al quehacer artístico y cultural. Miembro de la Comisión de Patrimonio de la SCA desde 2006 y también miembro de la Comisión de Reválidas (FADU-UBA)

⁽²⁾ Marta Mirás es Doctora y Arquitecta (FADU-UBA), Profesora de Historia y de Teoría (FADU). Profesora de Doctorados y de Maestrías de Historia y de Paisaje. A nivel internacional es Profesora invitada de la Universidad de Sheffield (Reino Unido), Universidad de Hungría, Universidad Nacional del Estado de San Pablo (Brasil) y de Columbia (Pa-

raguay). Integra el Proyecto “Breathe-Respirar” (Red Conexus-Unión Europea) Publicó distintos libros y numerosos artículos de alcance nacional e internacional, como su tesis doctoral *Imágenes del Espacio Público, una historia cultural de Buenos Aires*, Primer Premio en investigaciones publicadas (CPAU-SCA). Es investigador principal del IAA. Editora y Comité de referato de revistas científicas. Es evaluadora de la Secretaría de Evaluación y Seguimiento, Ciencia y Técnica, (UBA). Consejera Directiva del Claustro de Profesores e integra de las Comisiones de Concursos e Investigación (FADU UBA). Fue por dos períodos Presidente de la Comisión Universidad de la SCA. Es Directora y Jurado del DOCASUR.

⁽³⁾ Julio Valentino es Arquitecto (FAU-UBA). Realizó estudios de especialización en el IUAV de Venecia (1983-84). Es Profesor Titular Consulto de la FADU, donde ha sido Profesor Titular de Historia y Teoría de la Arquitectura. Ha escrito *La arquitectura cómplice* y *Arquitectura + Biología* (en colaboración). Ha dirigido y dirige actualmente proyectos UBACyT. Es investigador principal del IAA. Formó parte del equipo curatorial de las muestras “Clorindo Inédito” y “Apolo y Dionisos. Mario R. Álvarez y Clorindo Testa juntos en el Marq”, de la que además curó el catálogo. Ha sido miembro del Comité Asesor del Museo de Arquitectura MARQ-SCA, del cual fue director en 1998. Dirige la colección “Personajes” de la SCA-Diseño Ed. Ha dictado conferencias, cursos y seminarios en distintas instituciones y ha publicado trabajos en diferentes medios nacionales e internacionales.

Texto:

El presente texto se basa en los diversos trabajos de investigación que hemos realizado en los últimos años sobre las posibles vinculaciones entre arquitectura y biología¹. El principal objetivo del mismo es presentar nuestras actuales indagaciones sobre aspectos particulares de las relaciones entre la teoría, la práctica y la cultura arquitectónica contemporánea. Desde esta perspectiva, el artículo se inicia presentando un panorama del estado actual de la teoría, para luego revisar la relación entre arquitectura y biología, la evolución histórica de este binomio y su superación a través de la teorización actual, desde los conceptos de morfogénesis y biomímesis. Se analiza particularmente cómo, sirviéndose del pensamiento analógico, se estructuran los procesos proyectuales y, finalmente, realizamos la reelaboración y verificación de los mismos mediante el análisis de algunos casos de estudio.

El estado actual de la teoría de la arquitectura

La teoría de la arquitectura junto con su práctica, constituyen un binomio que en nuestra disciplina ha estado siempre presente, asumiendo una preponderancia alternada de un término sobre el otro en diferentes momentos históricos. Frente a esto, nos resulta nece-

sario presentar algunas cuestiones que han sido verificadas en nuestras indagaciones para que sirvan de antecedente del tema central del texto.

Si nos remitimos a los orígenes, Vitruvio, en *Los Diez Libros de Arquitectura*, ya presenta estas dos componentes de la arquitectura como necesarias y complementarias entre sí para que un arquitecto pueda concretar una obra exitosa. En el Libro I, Capítulo I de su texto puede leerse: “[La arquitectura] es práctica y teoría... La teoría es la que sabe explicar y demostrar con sutileza y leyes de la proporción, las obras ejecutadas”; y agrega: “Aquellos que, sin letra, sólo procuran ser prácticos, no podrán conseguir con sus obras crédito alguno” (Vitruvio, 1992, p. 2).

Sin embargo, muchas veces, en el ámbito disciplinar, la teoría ha sido desvalorizada. Este punto de partida de separarse de la práctica para reflexionar sobre temas más generales, muchas veces la ha cargado con valoraciones negativas.

En primer lugar, la teoría aparece subvaluada por su carácter de discurso abstracto; se la asocia con lo incomprensible, muchas veces con lo inútil, y hasta una mera divagación de aquellos que no están comprometidos con la práctica de la disciplina o también, como una simple cuestión de marketing.

Pero, por otra parte, esto se contrapone con lo que sucede a partir de la segunda mitad del siglo pasado, cuando muchos arquitectos con una importante realización de obras, estuvieron especialmente preocupados por el campo teórico y elaboraron una significativa cantidad de escritos vinculados a su producción. En ellos se acentúa el carácter especulativo y reflexivo del pensamiento teórico y su particular carácter de indagación. Tal como afirma Kate Nesbitt en la introducción de su antología *Theorizing a New Agenda for Architecture* de 1996, la teoría actuaría “como un catalizador para el cambio dentro de la disciplina... actuando como un discurso paralelo y crítico de la práctica”. Y continúa: “La actividad teórica, por su naturaleza especulativa, anticipatoria... se refiere en mayor medida a las aspiraciones de la arquitectura que a sus concreciones” (Nesbitt, 1996, p. 16). Finalmente, a partir de los inicios del siglo XXI, asistimos a un cambio de enfoque. Pareciera que, en la actualidad, el segundo término del binomio, la práctica, adquiere un predominio sobre el primero y a la densidad intelectual de la teoría, típica de las décadas anteriores, se la llega a considerar casi irrelevante. Esta posición, que podría definirse como un “nuevo pragmatismo”, emerge explícitamente en una serie de textos, entre los cuales podemos mencionar los reunidos en la antología de A. Krista Sykes, *Constructing a New Agenda. Architectural Theory 1993 - 2009*, publicada en 2010.

Teoría y práctica son, sin duda, dos términos históricos y, por lo tanto, se redefinen continuamente en función de los intereses de cada época. En ese sentido, en un momento caracterizado por la inestabilidad y de falta de certezas, ¿no sería interesante revisar la dicotomía anteriormente presentada para poder llegar a una síntesis entre ellos?

Uno de los temas actuales de nuestras indagaciones, tienen que ver con esta condición: la posibilidad de llegar a un nuevo esquema que denominamos “una práctica teórica”.

La situación que hemos manifestado en el párrafo anterior, que es característica de las últimas décadas: incertidumbre, pensamiento difuso, complejidad y ambigüedad de los límites disciplinares, se evidencia en el campo de la teoría de la arquitectura básicamente mediante dos cuestiones.

La primera es la condición de fragmentación, la segmentación y la parcialidad de los discursos teóricos. Hay una frase de Ignasi de Solà-Morales, que nos ha resultado inspiradora y que reiteramos permanentemente: “Una difusa heterogeneidad llena el mundo de los objetos arquitectónicos. Cada obra surge de un cruce de discursos, parciales, fragmentarios” (Solà-Morales, 1995, p. 14). O sea, explicaciones fragmentarias, particulares, no generalizables, que responden en cada caso a esa situación especial. Por lo tanto, la teoría de la arquitectura ha perdido ese carácter de conjunto de métodos, principios e instrumentos que eran capaces de garantizar el valor de la disciplina o su práctica, algo que durante siglos había conservado y que había iniciado el tratado de Vitruvio y se había continuado en la tratadística posterior, desde el Renacimiento hasta inicios del siglo XX.

La segunda condición es la que hemos denominado “contaminación” dentro de los discursos teóricos. Es importante aclarar que el término contaminación se utiliza aquí con un alcance positivo, con el sentido de “aquello que se altera por contacto” o “lo que ejerce una influencia foránea sobre algo”.

La arquitectura redefine su campo, sus propios límites disciplinares se rompen, se desbordan y muchos arquitectos salen a buscar fuentes de inspiración e instrumentos en otros ámbitos, otras disciplinas que, en principio, le habían sido ajenas hasta el momento. En un reportaje realizado por Zaera dice Peter Eisenman: “Utilizo modelos de otras disciplinas porque hoy en día en la arquitectura no tenemos modelos adecuados para describir las complejidades del mundo...” (Zaera, 1997, p. 18). Es decir, la arquitectura se apropia de otros saberes en el desarrollo del acto proyectual para “cruzarlos” con saberes considerados específicos. Este entrecruzamiento es heterogéneo y a lo largo del tiempo de nuestro análisis se reconocen diferentes fuentes que provienen de las más distantes regiones del conocimiento. A través del pensamiento analógico, pareciera que cualquier combinación es posible, y sirven tanto como detonantes del proceso proyectual como para explicar las acciones y decisiones que los proyectistas toman.

Cabe preguntarse, ¿cuáles son los formatos literarios en los que es posible verificar estas afirmaciones?

Mencionaremos básicamente dos: las antologías y las memorias descriptivas.

La antología ha sido adoptada como el formato habitual para la expresión de la teoría, definido como un espacio donde se reúnen fragmentos de libros, artículos o manifiestos, muchas veces ajenos al propio campo disciplinar. Intentan desde el punto de vista del compilador, proponer una visión particular de lo esencial, de lo relevante en la teoría a través del entrecruzamiento de ideas de diferente procedencia. La interdisciplina y la transdisciplina son un elemento constitutivo y característico de estas publicaciones que se han convertido en el modo más frecuente con el que se expresa el pensamiento teórico contemporáneo².

El otro, como ya lo mencionamos, son las memorias descriptivas.

En 2003, cuando dimos inicio a los cursos de Teoría de la Arquitectura (FADU-UBA), una de las principales hipótesis de trabajo que formulamos fue que, en esos últimos años, las memorias descriptivas de proyectos de arquitectura habían devenido en textos teóricos de una complejidad variable. De esta manera, partimos con la convicción de que estos pequeños relatos surgidos de la necesidad de explicar la génesis de un proyecto o justificar su desarrollo podían ser considerados como un formato novedoso para la formulación y

la divulgación de la teoría arquitectónica. La consideración de las memorias descriptivas de proyectos de arquitectura como un formato posible para la difusión de la teoría es un aporte original de nuestra labor, ya que no se evidencian trabajos académicos anteriores, que incluyan a este tipo de textos, entre los habituales vehículos para su exposición y divulgación: "...podemos considerar que las memorias descriptivas de los proyectos arquitectónicos actuales son ámbitos esenciales de especulación, territorios propicios para construir teoría arquitectónica" (Giménez, Mirás, Valentino, 2011, p. 51).

Esta cita, tomada de *La arquitectura cómplice*, el libro en el que reunimos los primeros resultados de la indagación realizada alrededor de las memorias descriptivas debidas, fundamentalmente, a cuatro arquitectos que, en ese momento, establecimos como ejemplares de cuatro posiciones teóricas frente a la complejidad de las prácticas proyectuales: Peter Eisenman, Bernard Tschumi, Steven Holl y Daniel Libeskind.

Si bien ya transcurrieron casi veinte años del inicio de estos trabajos, es importante señalar cómo las memorias descriptivas, a pesar de los vaivenes de la producción teórica ocurridos durante estas décadas, han mantenido su rol de formato posible y sumamente utilizado por los arquitectos a la hora de expresar y divulgar sus pensamientos sobre la arquitectura. El primero de los arquitectos nombrados (Peter Eisenman) elaboró en 1987 un proyecto, junto a Christopher Glaister, para el Biocentro de la Universidad de Frankfurt. Este proyecto nunca se construyó. La memoria descriptiva que los autores desarrollaron para explicar su trabajo es, tal vez, uno de los textos teóricos más reveladores de la articulación entre ciencias biológicas y arquitectura de ese momento. Por esos años de finales del siglo XX, si bien era posible observar de qué manera los arquitectos echaban mano a saberes tomados de disciplinas ajenas al campo estrictamente disciplinar de la arquitectura, para realizar analogías novedosas que inspiraran sus proyectos, la biología aún no era una posibilidad demasiado instalada de manera sobresaliente, como puede ser considerada en el presente. Por ese entonces, como dimos cuenta en nuestro libro, los elementos elegidos para plantear analogías en el transcurso del proceso proyectual, planteaban un espectro sumamente extendido que iba desde la utilización de la deformación pixelar de imágenes digitales a la textura compleja de algunas telas, el psicoanálisis o grafismos de ciertas lenguas.

En el presente, esta situación ha cambiado notablemente y la orientación de la teoría arquitectónica –y consecuentemente también una buena parte de las prácticas– ha girado su interés por realizar apropiaciones de saberes ajenos a su estructura disciplinar, al territorio complejo y permanentemente fluctuante de las ciencias biológicas.

La memoria de Eisenman para el Biocentro en Alemania relata de manera precisa el traspasamiento de la forma en que los científicos establecieron cómo es el comportamiento del ADN en el momento que fabrica proteínas: "...partimos primeramente de la representación tradicional de la biología, haciendo una lectura arquitectónica de los procesos biológicos de los procesos del ADN e interpretándolos en términos geométricos" (Eisenman y Glaister, 1987, p. 86).

A pesar del tenor de esta afirmación –y de otras en el mismo registro volcadas en esta memoria– es llamativo que no se vuelva a ella con mayor asiduidad y no se le otorgue en el espacio historiográfico, el rol pionero que asume al ser observada desde la perspectiva que brinda el devenir posterior de la teoría arquitectónica, en su vínculo cada vez más cercano con los saberes biológicos actuales.

Como resultado del análisis de las memorias producidas en las últimas décadas, presentamos una posible periodización de este proceso, no taxativa, en la que los referentes que disparan los procedimientos analógicos que más se reiteran van cambiando por otros.

Un primer momento –propio de las últimas décadas del siglo XX– donde puede reconocerse una variedad y amplitud de las analogías, vinculando el pensamiento arquitectónico con ideas derivadas de la literatura, la música, el psicoanálisis, el cine, grafías de vocablos, eventos, texturas, píxeles y huellas (excluyendo el caso particular de la memoria de Eisenman y Glaister mencionada).

Resulta ejemplar de esta primera etapa la propuesta de Bernard Tschumi para el Parque de La Villette (París, 1982-87). Aquí, el psicoanálisis, la experiencia cinematográfica y el concepto de evento son disparadores en la generación y explicación del proyecto.

Un segundo momento puede ubicarse en los últimos años del siglo XX y los iniciales del XXI. Encontramos aquí una vinculación entre el campo disciplinar con los avances del conocimiento científico: la ciencia se convierte en modelo de referencia. Aparece la búsqueda de una mayor racionalidad en estos procesos, incorporando las nuevas geometrías no euclidianas, la teoría del caos, de la emergencia. En su proyecto para la ampliación del Instituto de la Ciencia de Cranbrook (1992-98), el arquitecto Steven Holl propuso una analogía con los *atractores* extraños –la tendencia evolutiva a los que tiende un sistema, a veces caótica– planteada por el matemático y meteorólogo Edward Lorenz.

Por último, una tercera etapa, característica de los últimos 15 años, en los que el modelo de la biología o las ciencias de la vida se ha vuelto la “musa inspiradora”, transformando todos los órdenes de la vida cotidiana. Y obviamente también nuestra disciplina, no solo en lo relacionado con los edificios, sino también con la escala urbana y la territorial.

Nos centraremos ahora en algunas cuestiones que corresponden a este último momento planteado.

Arquitectura y biología

La relación entre arquitectura y biología es un vínculo de larga tradición en nuestro campo disciplinar. Si bien, como ya hemos planteado, en los últimos 50 años el Biocentro aparece como un caso inicial aislado en esta relación, en la actualidad, en el ámbito de la arquitectura emergen una serie de términos novedosos que se incorporan al lenguaje y acciones en la disciplina: biomímesis, arquitectura evolutiva, genética arquitectónica, diseño generativo, diseño morfo genético, morfoecologías, arquitectura de protocélulas, arquitectura generativa; todos términos derivados de la ciencia biológica. Pero, además, este interés por la biología como espacio de inspiración se puede verificar tanto en el arte como en otras manifestaciones, como en el diseño de objetos industriales y en la indumentaria³. Volviendo al campo de la arquitectura, para conocer el desarrollo histórico de la analogía biológica existen dos textos claves: uno de Peter Collins, *Los ideales de la arquitectura moderna; su evolución (1750 - 1950)* y especialmente *The Evolution of Designs. Biological analogy in architecture and the applied arts* de Philip Steadman.

Con perspectivas diferentes, ambos autores, particularmente el segundo, hacen un recorrido desde los orígenes de la analogía biológica, cuyos inicios ubican en el siglo XVII, considerando las diferentes investigaciones y textos propios de este ámbito disciplinar y su correlato en la teoría arquitectónica. Aparecen debates que se vinculan, entre otras, con las ideas de evolución, herencia, coherencia, correlación, subordinación, las características estructurales de los seres vivos, el criterio de unicidad y la relación entre forma y función y ambiente.

Del análisis de los textos de Collins y Steadman, se puede concluir que, independientemente de la profundidad de cada uno de ellos, la cuestión de la analogía biológica aparece confusa. No hay una definición precisa de los términos y en principio, los argumentos son funcionales a sus propios objetivos, y concluyen con una visión negativa de esta relación. Por otra parte, el arco de tiempo considerado en sus estudios, no incluye los últimos avances, trascendentales en el campo de la biología en las últimas décadas.

Una de las principales investigaciones del vínculo actual entre biología y arquitectura es el libro de Christina Cogdell: *Toward a Living Architecture?* donde analiza con un enfoque crítico esta relación, que ha sido la problemática central en nuestras investigaciones.

Cogdell vincula cuatro elementos para ella fundamentales: la arquitectura, la biología, la complejidad y la computación.

Con argumentos elaborados desde el campo de la biología, advierte sobre el poco conocimiento que los arquitectos suelen tener para la aplicación del “giro biológico” en el diseño. Sin embargo, considera que algunas estrategias podrían ser las adecuadas para lograr un buen vínculo entre estas dos disciplinas, como por ejemplo el “ciclo de vida” para dar sentido a un proyecto. Señala:

El análisis del ciclo de vida es útil para los diseñadores y las personas que se preocupan por hacer menos daño al medio ambiente. Les ayuda a elegir materiales y procesos de producción que requieren menos aporte de energía, producen menos productos tóxicos y pueden descomponerse más rápida y fácilmente y volver a un ciclo ecológico completo al final de la vida (Cogdell, 2018, p. 13).

Hacia el final de este artículo, en el caso analizado denominado Fab Tree Hab, consideramos que se expresan con contundencia estas ideas que la autora plantea.

Principios similares pueden encontrarse en la obra del arquitecto franco-belga Vincent Callebaut, sin duda uno de los profesionales más interesados en la actualidad en los problemas del medio ambiente y el cambio climático.

Callebaut, autor entre otros proyectos de “París 2050”, que intenta lograr una ciudad libre de carbono, propicia una arquitectura orgánica, de raíz biológica, que haga posible un urbanismo ecológico. Sintetiza esta idea en el concepto que denomina arquibiótico. El término, que el mismo creó en 2008, es un acrónimo formado por: ARQUITECTURA + BIOTECNOLOGÍAS + TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN⁴.

Morfogénesis

El interés por el cuidado de los recursos del planeta, mencionado anteriormente, se plantea a través de una valoración del rendimiento como parámetro fundamental del proceso de diseño y puede caracterizarse

Como un interés por la ‘morfogénesis’. Usado inicialmente en el ámbito de las ciencias biológicas, este término hace referencia a la lógica de la generación formal y a los patrones de desarrollo de un organismo a través de procesos de crecimiento y diferenciación (Leach, 2009, p. 32).

El término morfogénesis que deriva del griego ‘morphè’ (forma) y ‘genesis’ (creación) posee variadas interpretaciones y, si bien, pertenece originalmente al campo de la biología, es utilizado en diferentes disciplinas como la geología, la ingeniería, la medicina, la cristalografía, el arte y la arquitectura.

En el ámbito específico de la arquitectura, el término morfogénesis adopta también diferentes vertientes. Habitualmente se asocia al concepto de ‘morfogénesis digital’ o ‘computacional’, e implica un conjunto de métodos que utiliza los medios digitales como herramientas para la exploración de las formas, para su transformación y para tomar decisiones valorativas, teniendo en cuenta particularmente una respuesta adecuada a las características del contexto. Desde este punto de vista, la utilización del concepto de morfogénesis en el campo de la arquitectura tiene una relación análoga con ciertos mecanismos morfogenéticos de la naturaleza.

En principio, entonces, la morfogénesis digital se refiere

A una serie de conceptos como emergencia, auto-organización y la búsqueda de la forma (*form-finding*) (...) La nueva ciencia exige nuevas estrategias para el diseño, estrategias que tienen una notable similitud con los procesos de evolución y optimización con los que desarrolla sus diseños la naturaleza (Weinstock, 2019, p. 12).

Es decir que la emergencia explica la evolución y el mantenimiento de los sistemas naturales y como esos modelos y procesos pueden adecuarse el diseño y la fabricación de formas arquitectónicas. Sin duda, hay en estos conceptos una clara alusión a los principios darwinistas de la evolución de las especies. Por otra parte, la característica esencial de la llamada autoorganización se relaciona con ciertos procesos dinámicos y adaptables en los que los sistemas mantienen sus propias estructuras sin control externo.

“La emergencia y la auto-organización pueden producirse por separado o combinadas, impulsando el desarrollo de sistemas hacia nuevas propiedades, comportamientos, organización y estructura. Los procesos dinámicos que se extienden en el tiempo desarrollan la complejidad de la forma y el comportamiento a través de la interacción de los componentes simples, procediendo

sin una dirección principal” (Hensel, Menges, Weinstock, 2010, pp. 12-13) tal como sucede en los organismos vivos considerados como sistemas.

En estos nuevos modos de concebir el proyecto, una de las herramientas clave es la concepción paramétrica, que ha reemplazado los principios estables de la geometría euclidiana por sistemas que involucran múltiples posibilidades. En este tipo de prácticas lo que se plantea son parámetros o variables específicas para un diseño particular, no su forma; es decir un modelo reconfigurable que, mediante la asignación de valores diferentes, explore múltiples soluciones que pueden crear diversos objetos o configuraciones. Las ecuaciones son utilizadas para describir las relaciones entre partes, definiendo así una geometría que no persigue la estabilidad. En palabras de Branco Kolarevic:

Usando procesos paramétricos, los diseñadores pueden crear un número infinito de objetos similares, manifestaciones geométricas de un esquema previamente articulado de vínculos entre variables dimensionales, relacionales u operativas. Cuando a esas variables se les asignan valores específicos, se crean casos particulares, que tienen una gama potencialmente infinita de posibilidades (Kolarevic, 2003, p. 25).

Según Stanislav Roudavski, la morfogénesis biológica puede:

... alimentar el proyecto arquitectónico porque: 1) el diseño arquitectónico tiene como objetivo resolver cuestiones que a menudo ya han sido resueltas por la naturaleza; 2) cada vez más, el diseño arquitectónico trata de incorporar conceptos y técnicas, tales como el crecimiento o la adaptación, que tienen paralelos en la naturaleza; 3) la arquitectura y la biología comparten un lenguaje común, porque ambas aspiran a construir modelos de crecimiento y de adaptación (o morfogénesis) *in silico* (Roudavski, 2009, p. 348).

No cabe duda entonces que la morfogénesis en arquitectura, por su vínculo con los sistemas digitales en permanente actualización, y conjuntamente con los avances cada vez más sofisticados de la biología, proporciona un riquísimo campo de acción para los cruces analógicos.

Analogía y biomimesis

Todos los conceptos e ideas que hemos presentado anteriormente plantean en la actualidad una continua redefinición o interpretaciones diversas. La velocidad de los cambios, los nuevos descubrimientos tanto en el mundo biológico como en los programas digitales, sus interacciones o complementariedad, la idea de la inteligencia artificial, los principios morales y éticos que el mundo de la ingeniería genérica plantea, hacen que nada puede considerarse permanente o definitivo.

En el ámbito propio de la morfogénesis –según Marcelo Fraile– la arquitectura pareciera desarrollarse en cuatro direcciones diferentes: arquitectura biodiagramática, bioalgorítmica, biomimética y genética (Fraile, 2019, p. 266). Esta clasificación está básicamente establecida a partir del desarrollo de los sistemas digitales, su asociación con ciertos principios biológicos y su influencia en los modos de proyectar.

Desde nuestro punto de vista, donde una de las cuestiones centrales de nuestra investigación es la del pensamiento analógico, es decir, el proceso mental a partir del cual se producen estos vínculos transdisciplinarios, se podría avanzar hacia otra clasificación alternativa. Las maneras en las que la analogía biológica puede establecerse en los procesos de diseño son variadas y admiten distintos tipos de complejidad, tanto operativa como teórica. Sin embargo, de manera sintética, podemos decir que la analogía biológica opera en los procesos de diseño según tres variantes principales:

1. Las analogías visuales o formales, donde el vínculo se basa exclusivamente en la imagen, sin ningún tipo de reflexión que la sustente.
2. Las analogías estructurales, donde es necesaria la evidencia de un esquema abstracto que permita el traslado conceptual de un elemento al otro. Por ejemplo, la analogía que asocia el sistema de la distribución de la savia en un árbol puede utilizarse en la organización del sistema de calles de un conjunto urbano, a través de la definición de un esquema que puede denominarse “ramificado”.
3. Las analogías que hacen referencia a conceptos, leyes y principios generales. Estas analogías proponen un espectro de asociaciones amplísimo y en el caso particular de la analogía biológica, se refiere a cuestiones tales como los principios de evolución, crecimiento, mutación o genética.

De cualquier manera, todas ellas podrían incluirse en la categoría que Fraile llama biomimética, tal vez la más amplia, y que se conoce como biomímesis. Este concepto proviene de “bio”: vida y “mímesis”: imitar, también conocido como biomimetismo o biomimética y es una rama científica interdisciplinaria que propone tanto un acercamiento al estudio de los procesos de la naturaleza como su consideración como fuente de inspiración. Estos estudios permiten, a través de la aplicación de la tecnología disponible, obtener resultados con un alto compromiso con el medio ambiente. El término se aplica a diferentes campos de la ciencia, desde la nanotecnología a la robótica, la inteligencia artificial y las industrias medicinales.

El concepto de biomímesis tiene un fuerte anclaje en la teoría de la evolución y la selección natural darwiniana, ya que parte de la idea de que los organismos se desarrollan en el tiempo, modificándose y adaptándose a nuevas situaciones del entorno sin que, en la mayoría de los casos, su continuidad se interrumpa. La característica particular del término biomímesis es que permite soluciones que no necesariamente deben apelar a los sofisticados sistemas de computación digital para sus soluciones.

Resulta un caso típico de estas búsquedas los estudios realizados por la bióloga Janine Benyus⁵, considerada en la actualidad como una de las principales expertas sobre el tema. En sus investigaciones adquieren especial relevancia aquellos aspectos cuantificables referidos al rendimiento de las técnicas naturales, con el fin de conseguir diseños ecológicamente sustentables.

Memorias descriptivas de proyectos

Volviendo al tema de los tipos de analogías, la memoria del proyecto para el Biocentro es un caso concreto de aplicación de la tercera posibilidad enunciada. Si bien ya hemos mencionado la condición temprana de este texto, la analogía que los autores han establecido ejemplifica un proceso de diseño de alta complejidad: “A través de esta analogía, los cinco pares originales de figuras podrían ser transformados sucesivamente con los tres procesos básicos de ADN como referencia” (Eisenman y Glaister, 1987, p. 87). Lo que resulta importante señalar es que en este caso la analogía de las formas arquitectónicas no se establece con la utilización de formas naturales específicas sino con “las figuras geométricas que los biólogos utilizan para explicar los procesos” de replicación, transcripción y traslación con los que el ADN fabrica proteínas. O sea, la analogía no se establece a partir de la utilización directa de formas presentes en el mundo natural, sino que los arquitectos se apropian de los gráficos interpretativos que los biólogos construyeron para la explicación de estos fenómenos.

Años después, en 2006, el colectivo profesional OCEAN NORTH & Scheffler +Partner desarrolló, para acompañar su proyecto para la Nueva Biblioteca Nacional Checa para la ciudad de Praga, una memoria en la que establece los conceptos generales del edificio, relatando que

El tilo, es el árbol nacional de la República Checa, un símbolo femenino vital que refleja el mito de la fundación de la nación Checa por parte de la reina Libuše (...) el árbol nacional ofrece una imagen, una estructura y una organización estimulante y apasionante, y se presenta como un sistema que aspira tanto a encarnar como contener esta dinámica cultural (OCEAN NORTH & Scheffler + Partner, 2006).

Los autores se encargan de establecer claramente en su texto la esencia de su trabajo, explicitando el carácter directo de la analogía formal planteada: “El edificio se organiza por medio de tres volúmenes distintos, pero interconectados entre sí, que constituyen una gran forma similar a la de un árbol. El volumen central constituye *el tronco*, que organiza una fluida conexión entre la avenida Milady Horákové y el parque Letenské. Los volúmenes en voladizo constituyen las *copas de los árboles* permitiendo una experiencia espacial única como si se habitara en un espacio de árboles enormes”. La extensión de la memoria está destinada casi en su totalidad a desarrollar la explicación de la analogía formal establecida. La referencia es directa y puede verificarse claramente en las imágenes del proyecto propuesto.

En la propuesta que el arquitecto italiano Stefano Boeri comenzó a elaborar en 2007 para un edificio prototípico de viviendas colectivas en altura, denominado “Bosque vertical”, la analogía biológica está planteada a partir de la semejanza del edificio con un bosque. El primer ejemplo construido de esta singular propuesta fue realizado en Milán (Italia), resuelto con la combinación de dos torres: la mayor, de 112 metros de altura y la otra, de 80. Según la memoria descriptiva, en estos dos edificios se dispusieron 800 árboles, 15.000 plantas y 5.000 arbustos que conformaron una “pantalla vertical” o “cortina verde” que

regula la humedad, el oxígeno y el dióxido de carbono. Se calcula que en la vegetación instalada en el conjunto de las dos torres habitan 1.600 ejemplares de pájaros y mariposas (Boeri, 2007).

La incorporación de semejante cantidad de especies vegetales se debe, en palabras de los autores, a proponer “una casa para árboles que también alberga personas y aves”, invirtiendo irónicamente el concepto general de viviendas en las que se incorporan plantas para mejorar la calidad de vida de los hombres.

En principio pareciera que lo que se está tratando de crear no es arquitectura, sino naturaleza en el verdadero alcance de este término, con la realización de esta especie de jardín botánico que construye el entorno inmediato de las viviendas. Así, los grandes balcones de hasta 3 metros de proyección en voladizo se encuentran desfasados en el sentido vertical con el objetivo de permitir el desarrollo en altura de los árboles instalados. A su vez, las especies vegetales han sido seleccionadas según criterios que propician las variaciones de los colores y las formas según las distintas estaciones del año y, además, cada una de las caras de las torres tiene un planteo vegetal diferente, de acuerdo a la orientación. Esto hace que cada lado de los paralelepípedos tenga un comportamiento visual (de colores y de formas) diferenciado en cada uno de sus paramentos. La gran altura de las torres hace que la imagen sea distinguida desde grandes distancias, ofreciendo una novedosa presencia en el paisaje de la ciudad.

Para abastecer al Bosque Vertical de semejante cantidad de ejemplares vegetales fue necesaria la creación de un vivero. Éste se ubicó en las cercanías de Como, donde las plantas fueron desarrolladas en condiciones semejantes a las que tendrían en su destino final en Milán. También, como parte de las condiciones atípicas de este edificio, fue creado un equipo especial de escaladores –los *Flying Gardeners*– que se encarga anualmente de realizar un mantenimiento completo del bosque, que incluye poda, remoción y reemplazo. El riego se realiza utilizando las aguas grises de las viviendas y para regularlo se instaló un sistema de monitoreo, mediante sondas controladas digitalmente.

El Boque Vertical reemplaza o supera el concepto de sustentabilidad por el de “una nueva diversidad biológica”, estableciendo una analogía vegetal, que no opera ya en la escala de la parte (el árbol), sino en el conjunto, emulando la creación de un hermoso bosque.

Arquitectura viva como alimento: Fab Tree Hab

A lo largo de su desarrollo el *homo sapiens* construyó su cobijo cada vez con mayor contundencia material, alterando y contaminando los distintos ambientes naturales del planeta. La intensa concentración y expansión de las grandes metrópolis ha puesto en riesgo la biodiversidad de los diferentes nichos ecológicos. Hoy, en tiempos de preocupación por las consecuencias que provoca la problemática del cambio climático, se acentúa la búsqueda de soluciones alternativas que actúen en sentido inverso, para poder revertir los efectos que se fueron acentuando crudamente desde lo que se ha denominado la segunda revolución industrial, hasta el presente.

¿Cuáles deberían ser entonces las condiciones y características de una arquitectura en sintonía con estas ideas? ¿cómo podrían ser otros modos de habitar para preservar la naturaleza?

En la búsqueda de soluciones alternativas, la propuesta denominada Fab Tree Lab (Figura 1), encara de otro modo la problemática de la vivienda. No ha surgido de un encargo profesional, sino que fue desarrollada como un prototipo diseñado por Mitchell Joachin, Lara Greden y Javier Arbona, en el MIT (Massachusetts Institute of Technology), en 2008. Sus principales premisas, según refieren sus autores en la memoria descriptiva del proyecto, parten de considerar a la ecología como principio rector configurando una vivienda considerada “viva”, –la fórmula tan utilizada en el mundo editorial de la arquitectura– pero que aquí resulta literal. Una vivienda comestible e inmersa simbióticamente en el “ecosistema circundante”, que produzca nutrientes para las personas y los otros seres vivos. En palabras de sus autores: “proporcionar alimentos a algún organismo en cada etapa de su ciclo de existencia” (Joachin, Greden, Arbona, 2008). La propuesta expresa también un modo de posicionarse ante algunos de los debates y los cuestionamientos actuales en relación al diseño vinculado a la biología, sus alcances experimentales y posibilidades materialización.



Figura 1. Joachin, M.; Greden, L.; Arbona, J., *Fab Tree Hab*. El proyecto integrado en el medio natural. Recuperado de www.terreform.com

Resulta paradójico que, a pesar de plantearse como objetivo principal una solución innovadora, en la memoria descriptiva se presente como referente conceptual a la vivienda tradicional rural en Estados Unidos. Adhiriendo de este modo a la sensibilidad bucólica hacia lo natural que se gestó en el mundo anglosajón. La consecuencia de este proceso, promovido por los esquemas de intervención que han seguido la línea de lo que se conoce

como “jardín paisajístico inglés”, implicó la incorporación de grandes extensiones de material verde a las ciudades. En este texto los autores apelan al correlato de este proceso en Estados Unidos, desde la obra y los escritos de poetas, filósofos y naturalistas; mencionan a Henry David Thoreau, Ralf Waldo Emerson y Louisa May Alcott, en particular a la histórica vivienda rural conocida como Thoreau-Alcott-house. También se destaca en el texto de la memoria, dentro de los esquemas de la economía agraria, al “caballero agricultor”, una noción que fue promovida desde la política por el gran héroe nacional Thomas Jefferson, en su valoración del mundo del campo como paisaje naturalista y de lo rural como mundo del trabajo digno, por lo tanto, como ámbito idealizado de evolución positiva del ciudadano americano.

Hoy, estas “ideas jeffersonianas” se traducen en estudios científicos sustentados en distintos parámetros cuantitativos. Florence Williams refiere al renacimiento de la terapia de la horticultura, dando cuenta de distintos estudios vinculados a las neurociencias que apuntan a contribuir al bienestar psicológico. Una amplia gama de investigaciones que registran las mejoras saludables que se consiguen con esta práctica, que de este modo se transforman en jardines terapéuticos en particular para tratar la depresión, el estrés y la fatiga mental (William, 2017, p. 180).

Volviendo al proyecto Fab Tree Hab, este prototipo responde a la lógica de la renovación constante, sus materiales son principalmente vegetales y plantean de este modo, una analogía con los ciclos vitales de la naturaleza, como si se tratara de un organismo que expresa en su constitución su funcionamiento biológico.

Esta línea de investigaciones proyectuales ya ha sido explorada por otras propuestas en el ámbito académico del MIT, un espacio donde se alienta la innovación, en particular la tecnológica. En este caso sus autores, integran grupos de investigación proyectual conjugando arquitectura, naturaleza y tecnología, desde un enfoque eco-social. En este prototipo plantean replicar la lógica del “ciclo de vida”, configurando una solución cuya constitución es básicamente biológica. La atención está puesta en los procesos y en la emergencia de sus componentes, en particular en la generación de nutrientes y reciclado de materiales, aplicando la hipótesis de la biofilia (Kellert, Wilson, 1993, p. 32).

En esta dirección en el texto de la memoria señalan:

Para el ciclo del agua es fundamental la radiación solar, que también impulsa la calefacción y la ventilación. En el invierno, la luz del sol brilla a través de las grandes ventanas orientadas al sur, calentando el espacio abierto y la masa térmica. Lo contrario sucede en el verano, ya que la corona de la estructura se protege de las temperaturas extremas, en lugar de utilizar la energía del sol para la fotosíntesis.

Cabe destacar que, en los debates actuales en torno a las implicancias y la validación de una arquitectura que pueda ser considerada sustentable, subyace la preocupación por el alcance y las posibilidades de un abordaje desde la complejidad que requieren distintas soluciones para responder adecuadamente en diferentes localizaciones. Se intenta superar operaciones parciales, superficiales o de “cosmética verde”, con buenas prácticas o las denominadas “prácticas teóricas”, que promuevan cambios más drásticos.

Probablemente, uno de los ejemplos más contundentes desde la lógica de la transformación constante, que hemos desarrollado en un trabajo anterior, es la Casa embriológica (2000). Fue diseñada por el arquitecto Greg Lynn, también en el ámbito del MIT. La vivienda surge de aplicar para su diseño conocimientos de la genética de los seres vivos a través de la analogía con el crecimiento celular. En párrafos anteriores hemos destacado lo precursora que resulta en este campo la memoria del Biocentro de Peter Eisenman. Greg Lynn, tal vez influenciado por las ideas de Eisenman con quien trabajó, propone un enfoque novedoso del vínculo entre biología y arquitectura. El punto de partida de la Casa embriológica es una forma topológica de raíz orgánica llamada “semilla”, una forma simple y “de alta simetría, como la de un huevo”. Este elemento es el embrión, la célula que genera el proyecto. Sobre la misma se marcan 12 puntos de control interconectados entre sí, que son puntos de ingreso de diferentes variables, con límites máximos y mínimos para cada una de ellas, que pueden tener que ver con cuestiones relacionadas con los aspectos más aleatorios. A partir de los cambios que se produzcan en las variables, la célula muta, volviéndose “adulta”, en un proceso de crecimiento que da lugar a infinitas soluciones que comparten el mismo “código genético” (Giménez, Mirás, Valentino, 2013, pp. 26-31).

Fab Tree Hab fue concebida con una biotecnología más mesurada en relación a su transformación, que la Casa embriológica. Su piel funcionaría como una estructura viva, aplicando una técnica poco sofisticada, como base estructural y como cerramiento: el “trenzado”. Con distintas variantes según su ambiente natural, este tipo de técnicas han sido aplicadas a lo largo del tiempo en arquitecturas vernáculas. Un ejemplo local son las viviendas lacustres típicas del humedal del Bajo Delta Insular de Río Paraná, construidas con la técnica denominada “chorizo” en la cual se utiliza para conformar el cerramiento, una combinación de barro y vegetales secos (Mirás, 2011, pp. 9-10). Pero en este caso, este esquema tradicional se reelabora y complejiza a través de la combinación de troncos de árboles y sus raíces, que con injertos funcionarían como la estructura portante, rellena con una masa de mortero de arcilla y paja, que además se constituye en la base y sustrato del suelo fértil de los vegetales. Desde este marco, se toma distancia de tecnología con materiales de última generación, creación de sofisticados artefactos híbridos, recurriendo a elementos naturales, respondiendo a los criterios que por diferentes caminos confluyen en la metodología conocida como “diseño circular”, que deviene de la “economía circular”, donde los elementos se vuelven reutilizables, no se pierden ni se convierten en residuos descartables dentro del circuito.

Además, esta “máquina viva” incorpora distintos componentes y posibilidades que promueven la biodiversidad, a través de los vegetales, flujos de agua, peces, insectos y bacterias. Se sitúa así en sintonía con procesos biológicos, su materialidad se transforma a través de su propio planteo estructural y con el uso de cerramientos orgánicos “bioplásticos”, que puedan adaptarse a los movimientos del organismo (Figura 2).

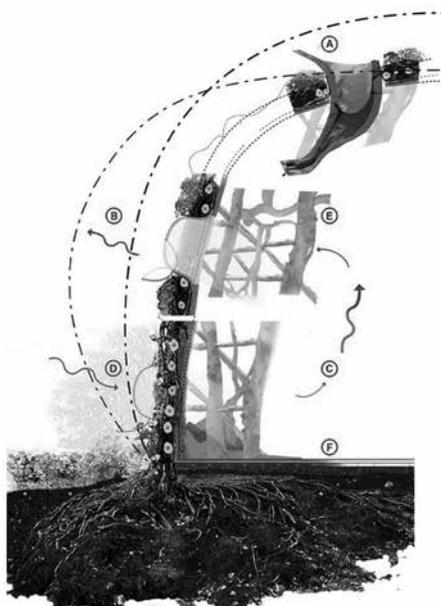


Figura 2. Joachin, M.; Greden, L.; Arbona, J., *Fab Tree Hab*. Corte estructural. Recuperado de www.terreform.com

Sobre la creación de sistemas arbóreos como posibilidad de proyectar con la naturaleza, si bien no son explicados en el texto de la memoria, se realiza una referencia tangencial ejemplificando con dos personajes. Uno de ellos es Axel Erlandson, que se dedicó un siglo atrás a recrear particulares formas conseguidas con árboles de carácter ornamental difundidas como un “espectáculo” natural, como ejemplo la *Sycamore Tower* (árbol sicómodo), conocida por su llamativa alteración de su tronco muy perforado. La otra mención es al artista Richard Reames, que en las últimas décadas ha realizado esculturas con árboles como la *Red Alder* (*Alnus rubra*). Reames ha utilizado sus conocimientos hortícolas para construir casas con árboles, y como estudioso de la botánica, ha recurrido a la poda denominada “topiaria” para conformar objetos y mobiliario que considera “vivos”; esto fue reflejado en distintas publicaciones dando cuenta de su método para la adaptación de árboles. Por último, en la memoria descriptiva se plantea “repensar el presupuesto”, respondiendo a una habitual preocupación que acompaña a las estrategias que utilizan una cantidad importante de infraestructura verde, por motivos diversos: atenuar contaminación, generar bienestar, incorporar beneficios sociales, donde la cuestión de los costos iniciales es un tema central. Además, en este caso, en posteriores publicaciones los autores presentan imágenes que plantean el agrupamiento de esta vivienda unifamiliar, conformando soluciones de proyecto urbano donde la cuestión presupuestaria estaría jugando un rol determinante.

En relación a esta problemática, distintos grupos de investigadores, como el de Pedro Calaza Martínez en Galicia, han realizado estudios que avalarían parte de lo que aquí se expresa: "... lo que estamos viendo cada vez más es que las soluciones de infraestructura verde son a menudo más rentables, más resistentes y más beneficiosas a largo plazo que una sólida estructura artificial" (Calaza Martínez, 2016, p. 238).

Algunas preguntas y advertencias sobre cuestiones de la ética en el campo del diseño biológico pueden resultar un modo adecuado de concluir este artículo: ¿cuáles serían las mejores estrategias para conseguir soluciones de viviendas efectivamente ecológicas? ¿qué aspectos no deberían ser manipulables en términos de transformaciones genéticas del mundo natural? ¿qué consecuencias puede tener las transformaciones experimentales en los distintos hábitats?

Resulta evidente que la posibilidad, como aquí se ha planteado en el desarrollo de este caso, de una solución de vivienda que desde su misma condición material genere los alimentos necesarios para sus habitantes implicaría un exitoso esquema de "diseño circular" que solucionaría también distinto rango de problemas: energéticos, vinculados a la contaminación y tratamiento de los residuos. Aportando también biodiversidad en un planteo que utiliza los principios novedosos de la biotecnología: un final feliz. Un escenario muy diferente al que sugiere Greg Lynn en su proyecto de la Casa embriológica, donde dentro de ese espacio mutante, en su configuración final la que consigue alimentarse resulta ser la casa, deglutiendo a sus propios habitantes.

Notas

1. Investigaciones realizadas en el ámbito de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires, enmarcadas en sucesivos Proyectos UBACyT. Fueron difundidas en seminarios, debates, conferencias y presentaciones realizadas en distintos eventos. Como síntesis de las principales publicaciones de las distintas etapas de investigación ver Giménez, C. G., Mirás, M. y Valentino, J. (2011). *La arquitectura cómplice*. Buenos Aires: nobuKo. Ed. Portuguesa (2013). Porto Alegre: Masquatro Ed.; Valentino, J., Giménez, C. G. y Mirás, M. (2015). *Arquitectura + biología*. Buenos Aires: Cátedra Valentino FADU-UBA. E-book disponible en <http://catedravaleentino.com.ar/arq+bio.html>; Valentino, J., Giménez, C. G. y Mirás, M. (2021). *Arquitectura + aliens. Una relación amigable* (en prensa).
2. Entre las más importantes se pueden mencionar a Ockman, J. (ed.) (1993). *Architecture Culture 1943-1968. A Documental Anthology*. New York: Rizzoli; Nesbitt, K. (1998). *Theorizing a New Agenda for Architecture Theory. 1965 - 1995*. New York: Princeton Architectural Press; Hays, K. M. (1998). *Architecture Theory Since 1968*. Cambridge: MIT Press; Ockman, J. (ed.) (2001). *The Pragmatist Imagination*. New York: Princeton Architectural Press; Jencks, Ch., Kropf, K. (eds.) (2006). *Theories and Manifestoes of Contemporary Architecture*. Chichester: Wiley Academy; King, L. (ed.) (2009). *Architecture & Theory - Production and Reflection*. Hamburg: J. Verlag GmbH; Sykes, A. K. (ed.) (2010). *Constructing a New Agenda - Architectural Theory 1993-2009*. New York: Princeton Architectural Press.

3. La escultura *Raycountign* de N. Oxman (MoMA, New York, 2008), la instalación de P. Beesley, *Hylozoic* (Pabellón canadiense, Bienal de Venecia, 2010), los guantes de la firma estadounidense Darkfin (2014), los Kinematics dress#1 (2014) de Rosenkrantz y Rosenberg o las lámparas Bacterióptica de P. Morozov-MDALAB son ejemplos de esta tendencia. Para ampliar ver Myers, W. (2018). *Bio Design*. London: Thames & Hudson; Mascitti, J. (2018). *Bio-Inspired Desing*. Firenze: Altralinea Ed.; N. Spiller y R. Armstrong (2011). *AD Protocell Architecture*, Vol. 81 (2).
4. Para las ideas y proyectos de V. Callebaut ver sus textos Callebaut, V. (2014). *Fertile Cities*, Hong Kong: Design Media Publishing Ltd; Callebaut, V. (2015). *Paris 2050. Les cités fertiles face aux enjeux de XXIème siècle*. Neuilly-sur-Seine: Ed. Michel Lafon; y su página web vincent.callebaut.org. Ver también Valentino, J.; Giménez, C.; Mirás, M. (2018). *Una práctica teórica. Las propuestas de Vincent Callebaut*. Trabajo presentado en las Jornadas de Crítica 223. IAA-FADU-UBA, Buenos Aires, Argentina.
5. Sobre este tema ver Benyus, J. (1997). *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*. New York: Ed. Harper Collins.

Bibliografía

- Boeri, S. (2020). *Bosco Verticale*. Recuperado de stefano-boeri-architetti.net.
- Cogdell, C. (2018). *Toward a Living Architecture?* Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Collins, P. (1977). *Los ideales de la arquitectura moderna; su evolución (1750-1950)*. Barcelona: G. Gili.
- Eisenman, P. (1988). Biocentro para la Universidad de Frankfurt. *Arquitectura. Revista del Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid*. (270), pp. 83-91.
- Fraile, M. (2019). *Arquitectura Biodigital*. Buenos Aires: Diseño Ed.
- Giménez, C.; Mirás, M. y Valentino, J. (2011). *La arquitectura cómplice*. Buenos Aires: Nobuko.
- Giménez, C.; Mirás, M. y Valentino, J. (2013). *La analogía biológica desde la perspectiva de la teoría contemporánea*. Jornadas de Crítica 185. IAA-FADU-UBA, Buenos Aires.
- Hensel, M.; Menges, A. & Weinstock, M. (2010). *Emergent technologies and design: towards a biological paradigm for architecture*. Milton Park: Routledge.
- Joachin, M.; Greden, L. & Arbona, J. (2008). *Fab Tree Hab*. Recuperado de <https://www.archinode.com/fab-tree-hab>
- Kellert, S. & Wilson, E. O. (1993). *The biophilia hypothesis*. Washington: Island Press.
- Kolarevic, B. (ed.) (2003). *Architecture in the Digital Age: Design and Manufacturing*. New York - London: Spon Press. Recuperado de www.i-m-a-d-e.org/fabrication/wp-content/uploads
- Leach, N. (2009). Digital Morphogenesis. *AD.Theoretical Meltdown*. Vol. 79 (1), pp. 32-37.
- Mirás, M. (2011). *Arquitectura y paisaje. Las viviendas del humedal del Bajo Delta Insular del Río Paraná*. Jornadas de Crítica 170. IAA-FADU-UBA, Buenos Aires.
- Nesbitt, K. (1996). *Theorizing a New Agenda for Architecture. An Anthology of Architectural Theory. 1965-1995*. New York: Princeton Architectural Press.
- OCEAN NORTH & Scheffler + Partner (2006). *Biblioteca Nacional Checa*. Recuperado de ocean-designresearch.net.

- Ockman, J. (2001). *The Pragmatist Imagination*. New York: Princeton Architectural Press.
- Roudavski, R. (2009). *Towards Morphogenesis in Architecture*. International Journal of Architecture Computing. Vol. 7 (3).
- Solà-Morales, I. (1995). *Topografía de la arquitectura contemporánea*. Barcelona: G. Gili.
- Steadman, Ph. (1979 y 2008). *The Evolution of Designs. Biological analogy in architecture and the applied arts*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Sykes, A. K. (ed.) (2010). *Constructing a New Agenda. Architectural Theory 1993 - 2009*. New York: Princeton Architectural Press.
- Vitruvio, M. (Trad. en 1992). *Los Diez Libros de Arquitectura*. Madrid: Ed. Akal.
- Weinstock, M. (2004). Morphogenesis and the Mathematics of Emergence. *AD. Emergence: Morphogenetic Design Strategies*. Vol. 74 (3), pp. 10-17.
- William, F. (2017). *La dosis natural*. Barcelona: Paidós.
- Zaera, A. (1997). Una conversación con Peter Eisenman. *Revista El Croquis*, (83), pp. 6–20.

Abstract: The relationship between architecture and biology is a long-established link in our disciplinary field. However, at present, in the field of architecture theory and practice, a series of novel terms emerge that are incorporated into language and actions in the discipline: biomimicry, evolutionary architecture, morphogenetic design, morphoecologies, protocell architecture, generative architecture and other derivatives of biological science. This article explores, based on our research –focused on analogical thinking and descriptive memories– the link between this binomial, its historical evolution and some questions of the most advanced state of the subject in contemporary times.

Keywords: Biological analogy - Architectural theory - Morphogenesis - Biomimicry - Archibiotic - Living architecture.

Resumo: A relação entre arquitetura e biologia é um elo de longa data em nosso campo disciplinar. No entanto, atualmente, no campo da teoria e prática da arquitetura, surge uma série de novos termos que são incorporados à linguagem e às ações da disciplina: biomimética, arquitetura evolutiva, design morfogenético, morfoecologias, arquitetura de protocélulas, arquitetura generativa e outros derivados de Ciência Biológica. Este artigo investiga, com base em nossa pesquisa - focada no pensamento analógico e nas memórias descritivas - a ligação entre esse binômio, sua evolução histórica e algumas questões do estado mais avançado do sujeito na contemporaneidade.

Palavras chave: Analogia biológica - Teoria da arquitetura - Morfogênese - Biomimética - Arquibiótica - Arquitetura viva.

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