



N° 185

“La analogía biológica desde la perspectiva de la teoría contemporánea”

Autores: Arqs. Carlos Giménez, Marta Mirás y Julio Valentino.

**Comentaristas:
Arqs. Ana Artési y Sara Vaisman**

30 de agosto de 2013

12:30 hs

La analogía biológica desde la perspectiva de la teoría contemporánea¹

Carlos Giménez, Marta Mirás y Julio Valentino

En el siglo XXI, el vínculo entre arquitectura y ciencia vuelve a instalarse en buena parte de la producción de la teoría arquitectónica, proponiéndose como uno de los caminos más fértiles de exploración. La jerarquía que en el mundo actual ha adquirido la preocupación por los parámetros ambientales ha modificado los discursos y los procesos de ideación y materialización. En este marco, el pensamiento arquitectónico, formulando una vez más relaciones con campos externos a su propia tradición disciplinar, parece encontrar especialmente en las ciencias biológicas, una lógica de aplicación para sus propios procesos de creación.

El propósito actual de nuestra investigación es interpretar la condición contemporánea de la teoría de la arquitectura a través del análisis de textos en los que los arquitectos justifican su modo de hacer entablando analogías con lo biológico. Si en trabajos anteriormente realizados señalamos que “una línea de contaminación de particular interés y relevancia es la planteada entre arquitectura y ciencia”, este avance se centra en cómo los procesos de la biología resultan un ámbito destacado en la búsqueda de inspiración y resolución de los proyectos. Según esta línea de pensamiento, la naturaleza opera a través de una lógica donde la eficiencia, el rendimiento, la optimización de recursos y medios es consustancial.

Tomando en consideración estos presupuestos se formulan las siguientes hipótesis:

- los referentes a los que apela hoy la teoría de la arquitectura se han desplazado desde la filosofía, la literatura, el psicoanálisis y el arte para ubicarse en el ámbito de la ciencia, en forma particular, en la biología o las llamadas ‘ciencias de la vida’;
- dentro de este campo, que incluye lo que puede definirse como morfogenético, se podrían diferenciar distintos niveles y tipos de analogías entre biología y arquitectura.

En esta presentación se proponen entonces algunas consideraciones generales sobre el concepto de analogía y sus diferentes aplicaciones en el devenir histórico, analizando los modos en los que la teoría arquitectónica se ha nutrido de referentes

¹ Este trabajo se inscribe en el marco de las investigaciones que nuestro grupo de investigación ha realizado sobre distintas expresiones teóricas de la contemporaneidad: Proyecto UBACyT 056, Programación Científica 2011-2013: “Teoría de la arquitectura en la contemporaneidad. Proyecto y creación científica en las memorias descriptivas”; en continuidad, proyecto acreditado UBACyT 136, “Analogía biológica y teoría arquitectónica contemporánea”, Programación científica 2013-2016; publicación del libro: GIMÉNEZ, C. G., MIRÁS, M. y VALENTINO, J., *La arquitectura cómplice*, Buenos Aires, nobuko, 2011. En este texto se sintetiza la primera etapa de las investigaciones realizadas sobre el tema de la condición de la teoría de la arquitectura actual. También, las distintas presentaciones (individuales o colectivas) que los integrantes del Proyecto de Investigación realizaron en distintas reuniones académicas locales e internacionales, generando distintos trabajos, algunos de ellos publicados en el ámbito nacional e internacional.

provenientes de diversos ámbitos. Se estudia en particular la analogía biológica, revisando algunas de sus manifestaciones a partir del siglo XVIII y las posturas críticas sobre el tema, presentes en los textos más relevantes de las últimas décadas, particularmente en escritos y memorias de proyectos actuales. Por otra parte, se detecta en las fuentes actuales, la vinculación de la analogía biológica con las posibilidades de los sistemas digitales, que proporcionan nuevas herramientas y procesos, para explorar ciertos caminos del proyecto arquitectónico.

En 1987 el arquitecto Peter Eisenman explicaba su proyecto del Biocentro para la Universidad de Frankfurt a partir de “una lectura arquitectónica de los conceptos biológicos de los procesos del ADN e interpretándolos en términos geométricos”. La idea surge del descubrimiento “que existe una similitud entre los procesos de geometría fraccionaria y del ADN. Esta similitud fue utilizada para proponer una analogía entre los procesos arquitectónicos y los biológicos, que hizo posible un proyecto no solamente arquitectónico o biológico, sino partícipe de ambas disciplinas”.²

En este fragmento de la memoria descriptiva de Eisenman se pueden destacar dos observaciones importantes:

- la utilización de un tipo de pensamiento, el analógico, para establecer procesos de integración de saberes de diferentes procedencias;
- la ampliación de los límites disciplinares de la arquitectura, puesta de manifiesto en la apropiación de teorías o ideas de otros campos del conocimiento; en este caso la ciencia y, particularmente, la biología.

A partir de estas afirmaciones de Eisenman pareciera necesario preguntarse: ¿Cuáles son los posibles modos en los que la analogía, como modelo de pensamiento, se presenta en relación con la arquitectura? ¿Qué tipo de vínculo es posible establecer entre ciencia y arquitectura? Y más específicamente, ¿es posible relacionar los modelos de la ciencia biológica con conceptos teóricos y principios proyectuales de la arquitectura?

Analogía y arquitectura

Sintéticamente, la analogía podría presentarse como cualquier forma de razonamiento en la que un objeto o un sistema de objetos, términos o conceptos, es equiparado o asimilado a otro, con un fin determinado. Una primera consideración debe hacerse sobre el tema de la semejanza, –con el que se asocia la idea más elemental de analogía–, ya que éste limita de entrada al real alcance del pensamiento analógico. Según el filósofo Paul Grenet: “Si la analogía simplemente significase método para representar lo inaccesible a través de su sustitución por lo familiar, todo tipo de figuras o tropos serían casos de analogías. Pero, además de lo dicho, la analogía lleva

² Eisenman, Peter, “Memoria para el Biocentro de la Universidad de Frankfurt”, *Arquitectura*, N° 270, Revista del Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid, Madrid, Enero-Febrero 1988.

implícita otros dos elementos: en primer lugar, semejanza mezclada con diferencia; en segundo lugar, estructura proporcional, es decir, semejanza de relaciones y no simplemente relaciones de semejanza”.³ Es decir, que tanto la semejanza como la diferencia son elementos constitutivos del pensamiento analógico, en el que la cuestión de la proporción juega un rol esencial.

Estos elementos están presentes en el origen etimológico del término. Según el Diccionario de la Real Academia Española, analogía viene de latín analogia, y éste del griego ἀναλογία, que significa proporción, semejanza. La palabra griega ἀναλογία se refiere a elementos similares encontrados en cosas diferentes. Está compuesta por el prefijo ἀνα (ana= sobre, contra), la raíz λόγος (logos = palabra, razón) y por el sufijo ία (ia = cualidad). Es decir, “una razón que está por sobre”. Por lo tanto, el pensamiento analógico implica un tipo de razonamiento que permite especulaciones abiertas con límites absolutamente imprecisos, en el que semejanza, diferencia y proporción crean un dispositivo en el cual es posibles relacionar dimensiones totalmente heterogéneas: razón e intuición, percepción y concepción, memoria y anticipación.

En una aproximación al campo disciplinar es posible realizar una primera división entre:

- Las analogías entre la representación y el objeto representado.
- Las analogías entre dos ámbitos o campos que pueden ser representaciones, imágenes, estructuras o conceptos.

En el primer caso, la condición misma del proyecto arquitectónico como explicitación gráfica de la acción de proyectar, implica la utilización de una serie de modelos (plantas, cortes, perspectivas, maquetas, modelos digitales, etc.), llamados justamente ‘modelos analógicos’, que permiten establecer las condiciones y características del futuro objeto a través de este conjunto de imágenes que se constituyen en su antecedente. En este caso, las relaciones dominantes son las de semejanza, casi de identidad, entre la representación y el objeto representado. Pero estos modelos no son sólo representación, sino que también funcionan en muchas oportunidades como elementos generadores durante el propio proceso de proyecto.

En el segundo caso, el campo es mucho más amplio. Se pueden establecer distinciones, por ejemplo, entre analogías formales y analogías conceptuales. Nicholas Roukes, al valorar el pensamiento analógico como esencial para fomentar la capacidad creativa, diferencia dentro de las analogías que él llama “lógicas” aquellas que son “visuales” de otras que son “estructurales” o “funcionales”.⁴

A partir de este punto de vista, se podría definir entonces un primer nivel, el de las analogías visuales o formales, donde el vínculo se basa exclusivamente en la imagen y es casi “ingenua”, sin ningún tipo de reflexión que la sustente. Por ejemplo, en el ámbito arquitectónico local, llamar “el ruler” al edificio de oficinas que se encuentra en

³ Grenet, Paul, *Les origines de l'analogie philosophique dans les dialogues de Platon*, Paris, Boivin & Cie, 1948, p. 247. Las citas de textos sin versión en español fueron traducidas por los autores.

⁴ Roukes, Nicholas, *Art Synectics*, Worcester, Davis Pub, 1982, p. 2 y ss.

Buenos Aires en la Avda. del Libertador y Carlos Pellegrini. O la analogía entre un pájaro que levanta vuelo y la forma de la terminal aérea de la TWA en Idlewill, obra del arquitecto Eero Saarinen.

En cambio, las analogías estructurales implican la definición de un esquema abstracto que permita luego la generalización. Por ejemplo, la analogía que asocia el sistema de distribución de la savia en un árbol con el sistema circulatorio del cuerpo humano que se traslada a la organización del sistema de calles de un conjunto urbano, se realiza a través de la definición de un esquema que puede denominarse “ramificado”. Queda claro, que una analogía que en primera instancia es visual, puede transformarse luego en analogía estructural.

Teniendo en cuenta criterios similares, Nigel Cross define a las primeras (visuales) como características de un pensamiento analógico que llama “paleológico”, diferenciándolas de las segundas, que corresponderían a la abducción. “La abducción consiste en elaborar un concepto que da cuenta de los atributos comunes de un conjunto de formas puestas en relación por una analogía paleológica dada”.⁵ El pensamiento por abducción, según Cross, sería el de mayor interés y productividad para los diseñadores.

Otro grupo en el que pueden clasificarse las analogías son aquellas que hacen referencia a conceptos, leyes y principios generales que, vinculados con algún saber o disciplina, se equiparan con los de otro. Estas analogías nos proponen un espectro de asociaciones amplísimo. En el caso particular de la analogía biológica, cuestiones como los principios de evolución, crecimiento, mutación o genética son ideas ejemplificadoras de este grupo; y el relato del aquí referido proyecto de Eisenman para el Biocentro, un caso concreto de aplicación.

Pero, volviendo a Roukes, además de las analogías lógicas ya mencionadas, introduce en su clasificación otros tipos de analogías: las *afectivas*, subjetivas y emocionales, las *sinestéticas*, vinculadas con la transferencia entre sentidos y las *paradójicas*, caracterizadas por lo contradictorio, lo ilógico. Al introducir estas categorías, presenta también un nuevo problema. Si en el caso de las analogías lógicas el elemento característico es la semejanza, en estas últimas entran en juego una serie mucho más amplias de conexiones, básicamente subjetivas y personales, que son mucho más complejas de rastrear, salvo que estén explícitamente expuestas por aquel que las utiliza. Se crean situaciones donde “Nuestras mentes nos dicen que no existe razón lógica por la cual estas imágenes están juntas (...) pero estamos compelidos a reconciliarlas mediante la lógica de nuestras emociones y de nuestras preexistencias personales”.⁶

Este tipo de analogía ha sido considerada, en particular a partir de los años 70 del siglo pasado, en función de vincular el pensamiento analógico con lo subjetivo, como

⁵ Cross, Nigel, “Design intelligence: the use of codes and language systems in design”, en *Design Studies*, Vol. 7, Nº 1, Enero 1986, pp 14-19.

⁶ Roukes, N., *op. cit.*, pp. 7-8.

sucede con la estrategia desarrollada por Aldo Rossi para dar cuenta de lo esencial de sus proyectos en clave autobiográfica.⁷

En las últimas décadas, un caso ejemplar en el uso conjunto de diferentes tipos de analogías lo plantea el arquitecto Daniel Libeskind en su proyecto para la ampliación del Museo de Berlín con el Departamento del Museo Judío (1982-1998). En la memoria con la que presenta la concepción del edificio, Libeskind menciona cuatro elementos detonantes del proceso de ideación: un sistema de triángulos entrelazados o estrella amarilla, generado por líneas que unen, sobre el plano de Berlín, lugares donde vivieron o trabajaron intelectuales y artistas judíos, la ópera *Moisés y Aarón*, de Arnold Schönberg, una lista con los nombres de las personas deportadas de Berlín durante el Holocausto y el libro *Einbahn Strasse* del filósofo Walter Benjamin, construyendo con estos elementos una “matriz invisible o una anamnesis de conexiones relacionales [que] actuaban como nexo entre la tradición judía y la cultura alemana”.⁸

En síntesis, el pensamiento analógico funciona estableciendo relaciones de similitud sobre un amplio fondo de diferencias; encuentra, fabrica, formula correspondencias ahí donde, en un contexto de intenciones diferentes, sólo habría disparidad, diferencia o incompatibilidad. En relación con ello, si una de las características esenciales del proceso a través de la cual un diseñador concibe un proyecto es su capacidad para relacionar elementos, el pensamiento analógico se presenta como un modelo formidable para la acción. A lo largo de ese camino complejo, heterogéneo, alimentado desde diversas fuentes, a menudo contradictorias, que crean una tensión desde su inicio hasta que se puede arribar a un resultado coherente, la analogía provee un mecanismo para la vinculación de elementos variados que pueden pertenecer al propio campo disciplinar como estar “por fuera” del mismo.

Si hasta el momento nos hemos referido casi exclusivamente a las figuras analógicas como elemento implícito o explícito para disparar el proceso de concepción de un objeto, este tipo de pensamiento puede ser utilizado además para manifestar o explicar ideas, teorías, intenciones o enfoques ideológicos interpretativos de procesos históricos de la arquitectura.

El devenir histórico de las analogías arquitectónicas

Desde la antigüedad, se han planteado asociaciones que dan cuenta de la formulación de distintos modos del pensamiento analógico. Por ejemplo, en el sistema de la arquitectura clásica la concepción antropomórfica de la columna refleja esta idea. La adscripción del orden a las proporciones del cuerpo humano, adquiere su representación visual en el caso concreto de las cariátides, ilustradas en numerosos textos y utilizadas en edificios de diferentes épocas. También en la identificación entre la planta de una iglesia y la figura humana, como aparece en el *Trattato* de Francesco di Giorgio Martini, en las láminas donde este arquitecto renacentista especula sobre

⁷ Rossi, Aldo, *Autobiografía científica*, Barcelona, Gustavo Gili, 1981.

⁸ Libeskind, Daniel, “Memoria para la Ampliación del Museo de Berlín con el Departamento del Museo Judío”, *El Croquis*, Nº 80, Madrid, 1996. Para un análisis más detallado del tema ver Giménez, C. G., Mirás, M. y Valentino, J., *La arquitectura cómplice*, Buenos Aires, nobuKo, 2011, p. 125 y ss.

los planos ideales.⁹ La misma denominación de ciertas partes de la iglesia cristiana: “cabecera” o ábside, “pies” para indicar el acceso o los “brazos” del transepto, aluden a esta identificación entre la figura humana y la arquitectura, versión “laica” del Renacimiento de la imagen paleocristiana que identifica al Cristo crucificado con la forma cruciforme de la planta del edificio religioso.

La confirmación de la analogía hombre-arquitectura queda también claramente expresada por Andrea Palladio en su Tratado de arquitectura: “De la misma manera que Dios Nuestro Señor ha ordenado estos miembros nuestros, que los más bellos están en lugares más expuestos para ser vistos y los menos honestos en lugares escondidos, así también nosotros al edificar colocaremos las partes principales y respetables en lugares manifiestos y las menos hermosas en los lugares más ocultos que sea posible a nuestra vista”.¹⁰

Estas especulaciones del clasicismo tienen como referencia general el concepto de *mímesis*. Es decir la creencia en un sistema leyes que gobiernan todos los elementos de la creación, desde lo macro a lo micro, y que participan de la perfección divina. A partir del reconocimiento del sistema, es posible elaborar nuevos elementos que participan de esa perfección. Se plantea, entonces, una analogía entre la ‘creación humana’ y la ‘creación divina’, imitándola.

Si bien es posible continuar rastreando ejemplos analógicos en momentos posteriores a los presentados, sin embargo, es a principios del siglo XX cuando el tema de las analogías adquiere una mayor propagación a partir de textos de amplia difusión como, por ejemplo, los escritos de Le Corbusier. La instalación de lo que podríamos llamar el paradigma mecánico, es decir, la utilización de la analogía con la máquina como referente de la concepción moderna se vuelve recurrente en la primera mitad del siglo pasado, y se expresa no sólo en la arquitectura sino también en el arte y en otras manifestaciones culturales.

En 1923, Le Corbusier lo plantea en el siguiente párrafo, donde explicita su concepción de la vivienda como “una máquina de habitar”:

“La casa es una máquina para habitar. Baños, sol, agua caliente y fría, temperatura regulable a voluntad, conservación de los alimentos, higiene, belleza a través de las proporciones convenientes. Un sillón es una máquina para sentarse, etc. Maple ha mostrado el camino. Los lavabos son máquinas para lavar: Twyford los ha creado. Nuestra vida moderna, toda nuestra actividad, con excepción de la hora del tilo y de la manzanilla, ha creado sus objetos: su traje, su estilográfica, su *eversharp*, su máquina de escribir, su aparato telefónico, sus admirables muebles de oficina, los espejos Saint-Gobain y los equipajes ‘Innovation’, la máquina de afeitar Gillette y la pipa inglesa, el sombrero hongo y la limousine, el paquebote y el avión”.¹¹

⁹ Martini, Francesco di Giorgio, *Trattato di Architettura, Ingegneria e Arte Militare*, 1502. Edic. italiana: Milano, 1967.

¹⁰ Palladio, Andrea, *I Quattro Libri dell'Architettura*, Venecia, 1570, Libro II, Cap. II. Edic. española: Akal, Madrid, 1988. Libro Segundo, Cap. II, p. 149.

¹¹ Le Corbusier, *Hacia una arquitectura*, Barcelona, Ed. Apóstrofe, 1998, p. 73. (1º Ed.: París, 1923).

Contemporáneamente, Moïseï Ginzburg publica *Estilo y época*, donde presenta una visión similar a la de Le Corbusier. Este texto se convertirá en una de las bases teóricas para el desarrollo del Constructivismo ruso. “Justamente es la máquina, ocupante principal y objeto esencial de la fábrica moderna, que ya ha superado sus límites y se incorpora poco a poco en lo más recóndito de nuestro estilo de vida, transformando nuestra psique y nuestra estética, la que constituye el factor más importante que influye en la concepción de la forma”.¹² Ambos textos tienen en común además, la proliferación de imágenes de aviones y barcos, que ilustran el valor que la cultura del momento otorga a estos nuevos artefactos novedosos y que reflejan los valores esenciales de la modernidad. Sin embargo, no es frecuente que esta analogía mecánica tenga una expresión “directa” en la imagen de los edificios. Encontramos algunos casos en los Constructivistas, como por ejemplo, en el proyecto de Ilya A. Golosov para un Palacio del Trabajo.

En el caso de Le Corbusier, sólo aparecen mínimas referencias formales, como por ejemplo, en la resolución de la terraza jardín de la Unidad de Habitación de Marsella (1947-52), donde el tratamiento de las barandas y las chimeneas alude a formas náuticas. Sin embargo, la concepción del edificio parte de la idea de un objeto autónomo, en el que se incluyen tanto diferentes células de habitación como el equipamiento comunitario (calle comercial, hostel, restaurante, guardería, gimnasio, etc.) y que lo haría funcionar a la manera de un transatlántico.

Para Le Corbusier y Ginzburg, la analogía funciona entonces conceptualmente y en esencia como base para una teoría de la arquitectura, para poder luego derivar principios racionales y funcionales en su producción: “... la máquina forja en nuestro espíritu un concepto de belleza y de perfección en tanto que entidades que responden de la mejor manera a las características del material que se está organizando, y a su utilización más económica en la realización de un fin específico, donde la forma aparecerá de la manera más condensada y el movimiento de la manera más visible”.¹³

Por último, para Golosof la analogía mecánica funciona para proveer de imágenes asociadas a los mecanismos y formas vinculados con la máquina. La utilización de las analogías en estos arquitectos es evidente, no así la referencia a la utilización de este modo de inferencia, en sus procesos proyectuales.

Interpretaciones

La relación planteada en nuestras hipótesis entre la arquitectura y las llamadas “ciencias de la vida”, parece tener una presencia relevante en la contemporaneidad estimulada por el cruce con saberes extra disciplinares. Este vínculo, que como fue señalado se expresa en conexiones destacables a lo largo del tiempo, ha implicado referencias que van desde las formales a los mundos animal o vegetal, hasta la

¹² Ginzburg, Moïseï, *Le Style et l'Epoque. Problèmes de l'Architecture Moderne*, Liège y Bruxelles, Pierre Mardaga Edit., 1982. (1º Ed.: Moscú, 1924), p. 81.

¹³ *Ibid.*, p. 87.

recurrencia a modelos cada vez más avanzados de la genética y de otros estudios científicos actuales.

Así, la influencia de la biología en las ideas arquitectónicas puede rastrearse analizando textos que proponen diversas interpretaciones. En esta presentación nos detendremos especialmente en dos, que consideramos pueden dar cuenta del estado y devenir de los estudios sobre la relación que aquí se estudia.¹⁴

Peter Collins. La analogía como sustento de la crítica

Uno de los libros importantes -se podría decir pionero- en relación con este problema es la obra del teórico inglés Peter Collins, *Los ideales de la arquitectura moderna; su evolución (1750 - 1950)*.¹⁵ En lo que respecta a la analogía, Collins dedica cuatro capítulos al tema, aunque sin presentar una definición precisa de este concepto. El mismo es utilizado para mostrar su uso por parte los teóricos de la arquitectura moderna para la justificar el funcionalismo, uno de los argumentos esenciales de lo que denominamos Movimiento Moderno, dirigido a la superación de la arquitectura ecléctica y para la búsqueda de un nuevo lenguaje.

Desde el inicio, Collins plantea una valoración negativa sobre la utilización de las analogías. Refiriéndose a la arquitectura del siglo XIX, afirma que su uso, si bien está referido al parentesco con otros edificios del pasado y, por lo tanto, son las más seguras, fueron igualmente un fracaso. Pero además advierte, apoyándose en el pensamiento del historiador Arnold Toynbee, que el peligro de su empleo siempre conduce al error, que es aún mayor “cuando menos afinidad exista entre dos objetos o disciplinas entre los que pretendan buscarse analogías”. En síntesis, afirma: “Hay que decir, en conclusión, que el éxito que heurísticamente pudieron tener las analogías en la investigación científica, no les acompañó en la transposición hecha por los teóricos arquitectónicos del siglo XIX, ya que, de hecho, la única manera de razonar convincentemente acerca de la arquitectura es la que considera las estructuras que ya han sido construidas”.¹⁶

En las manifestaciones anteriores se ponen en evidencia ciertas posturas su enfoque teórico: las analogías en arquitectura sólo podrían tener un fin justificativo si se refiriesen a objetos de la propia disciplina; y su clara valoración positiva del racionalismo, característico del pensamiento científico, que se manifestaría particularmente en los procesos constructivos. Frente al fracaso de las analogías arquitectónicas del siglo XIX, la única analogía que quedaba por explorar por la nueva arquitectura de las vanguardias del siglo XX, a fin de justificar su ideal más importante, era lo que Collins llama la 'analogía funcional', que se presenta directamente vinculada tanto a los organismos y a las funciones biológicas, como también al mundo mecánico.

¹⁴ Un análisis preliminar de estos textos aparece en Valentino, Julio, “Arquitectura + analogía biología”, ponencia presentada en las Jornadas SI+PI. Proyecto: integración, FADU-UBA, Setiembre 2012 (inéd.).

¹⁵ Collins, Peter, *Los ideales de la arquitectura moderna; su evolución (1750-1950)*, Barcelona, G. Gili, 1977. (1º Ed. Londres, 1965).

¹⁶ *Ibid.*, p. 147 y 186.

La clasifica en cuatro tipos: *biológica*, *mecánica*, *gastronómica* y *lingüística*, que dan título a cada uno de los capítulos referidos al tema.

Si bien afirma que la analogía mecánica fue la que tuvo mayor importancia –Le Corbusier sería, como hemos visto anteriormente, el ejemplo paradigmático–, no quita relevancia a la biológica. Esta se formula alrededor de 1750, con la publicación de dos textos primordiales: *Species Plantarum* (1753) del naturalista sueco Carl von Linné (1707-1778), una identificación y clasificación de todas las especies vegetales conocidas; y la *Histoire Naturelle* (1749) del naturalista francés Georges Louis Leclerc, Conde de Buffon (1707-1778), una obra de 44 volúmenes que intentaba compendiar todo el saber conocido sobre el mundo natural. Sin embargo, para el autor el texto de Buffon es mucho más importante, esencialmente porque, frente a la posición de Linné de que las especies eran inmutables, en la *Histoire Naturelle* aparecía la idea de evolución, aunque entendida como un proceso de degeneración, probablemente consecuencia de las ideas religiosas de Buffon.

Luego de indicar que la palabra “biología” fue inventada por el naturalista francés Jean-Baptiste Lamarck en 1800, donde se plantea como novedad que las formas vivientes habían evolucionado positivamente, el autor realiza un análisis de diferentes textos que a lo largo de los siglos XVIII, XIX y XX han ido instalando distintas consideraciones sobre la construcción de la analogía biológica, y concluye que las relaciones que se pueden establecer entre los fenómenos biológicos y la arquitectura son limitadas y generalmente tienen que ser acotadas y poéticas.

Desde otra perspectiva, algunos autores como David Van Zanten afirman que la teoría evolucionista planteada en la biología tuvo un paralelismo directo con las ideas arquitectónicas desarrolladas en los planteos de la École des Beaux-Arts. El teórico Léonce Reynaud, en su *Traité d'architecture* (1850-1857) plantea que en la forma de los edificios adquiere una importancia esencial las características estructurales y constructivas, asociándolas, por ejemplo, a los caparzones de moluscos. Siguiendo los planteos de su amigo, el naturalista Geoffroy Saint-Hilaire, para quien el mundo animal se organizaba a través de series de ramificaciones cada vez más sofisticadas, Reynaud propone que, de manera similar, la arquitectura evoluciona a partir de los desarrollos estructurales, sustituyendo la idea neoclásica sobre los órdenes por una nueva constante: la evolución a través “de los tipos de edificios, de manera analógica a la constante de los tipos de animales –carnívoros, herbívoros; los que nadan, vuelan, caminan”.¹⁷

Collins, en el capítulo dedicado a “La influencia de los ingenieros civiles y militares”, hace referencia a la personalidad de Reynaud, pero para destacar su práctica de ingeniero, su “temperamento científico”, presentando su trabajo como la “quintaesencia del racionalismo, [como] una verdadera síntesis de las ideas de construcción, en aquel período”. De todos modos, las características comunes entre biología y arquitectura parecen reducirse solamente a cuatro ideas: “la relación del

¹⁷ Van Zanten, David, “Le système des Beaux-Arts II”, *AD. Profiles*, 17, 1979, pp. 66-79.

organismo con su ambiente, la correlación entre órganos, la relación de forma y función y el principio de vitalidad”.¹⁸

La primera la define como la influencia que sobre el diseño tiene el ambiente, atribuyendo esta relación a la teoría planteada en *El Origen de las Especies* por Charles Darwin en 1859. Sostiene que el naturalista inglés fue ampliamente influido por el pensamiento de Alexander von Humboldt, a quien la arquitectura le interesaba particularmente, en especial los edificios precolombinos de América Central, donde encontraba un vínculo claro entre arquitectura y clima, pues aseguraba que en cada sitio las especies vegetales poseen una forma y una fisonomía particular. Sin embargo, pone en duda la influencia sobre los fenómenos arquitectónicos y, particularmente sobre la historia de la arquitectura, de la idea de la selección natural, uno de los componentes centrales planteados en la teoría darwiniana. Afirma además que la relación entre forma arquitectónica y ambiente ha ido disminuyendo como consecuencia de la aparición de ciertos avances tecnológicos, tales como el aire acondicionado, que produce que la arquitectura sea cada vez menos dependiente de las condiciones climáticas. Sin embargo, más adelante, el mismo autor relativiza su afirmación al comparar esta analogía con la mecánica: “Una gran ventaja de la analogía biológica es que daba particular importancia al ambiente en que están emplazados los organismos [mientras que en la mecánica] los edificios tienden a ser tratados como objetos aislados, puestos arbitrariamente en un paisaje o en una ciudad”.¹⁹

Es de destacar que en la contemporaneidad, este aspecto que Collins relativiza de la analogía biológica ha cobrado especial consideración, por el peso conceptual que adquirió para la teoría la necesidad de una ética del medio ambiente. Muchos discursos que explicitan proyectos, promueven el vínculo menos antagónico con la naturaleza, centrándose en lo sustentable, concepto que se basa en la idea fenomenológica de propender a una relación armónica con el medio natural.²⁰

Volviendo a Collins, éste refiere la “correlación entre órganos” al campo arquitectónico como el vínculo que se establece entre las diferentes partes de un edificio y atribuye su enunciado como principio biológico a Vicq d’Azyr (1748-1794). Este médico y anatomista francés afirmaba que los vertebrados están constituidos con un criterio unitario; es decir cada parte es interdependiente de la otra y responden a un mismo plan estructural.

Desde otra perspectiva, esta relación presente entre los componentes de un edificio se podría matizar tomando en consideración el concepto de *transparaître* (transparentar), planteado en el marco de la teoría de la composición Beaux-Arts por Léopold-Amédée Hardy (1829-1894), según el cual los espacios interiores de una obra deben coincidir con los volúmenes exteriores. Esta idea de transparencia tendría un origen biológico,

¹⁸ Collins, P., *op. cit.*, pp. 197 y 155.

¹⁹ *Ibid.*, p. 168.

²⁰ Véase Gimenez, C., Mirás, M. y Valentino, J., “Teoría y ambiente: el proyecto arquitectónico cómplice del saber ambiental”, en AA. VV., *Proyecto y ambiente SI+AMB*, Buenos Aires, Aulas y Andamios Ed., 2012.

ya que las diferentes partes pueden ser comparadas con los órganos de un cuerpo y la envoltura exterior con una piel que se tensa sobre ellos y que revela y debe dar cuenta de la presencia y características de los mismos.²¹

Según Collins la única cuestión de la biología que tendría importancia para la arquitectura moderna es el tema de la relación entre la forma y la función. Entre los biólogos se plantearon dos posiciones opuestas y polémicas. Georges Cuvier (1769-1832) fue el representante de la corriente según la cual “la forma sigue a la función”. El principio de la correlación implicaba que la modificación de cualquier función de un órgano implicaba también la modificación de su forma. A este presupuesto se oponían las ideas de Geoffroy Saint-Hilaire (1772-1844), para quien la función no debía abarcar el aspecto estructural del organismo.

En el ámbito propiamente arquitectónico, Collins considera que esta relación, –que nunca nadie ha negado por obvia– fue incorporada por Herbert Spencer, quien habría influido en los escritos del arquitecto norteamericano Louis Sullivan y de su alumno Frank Lloyd Wright. Si bien reconoce que Sullivan fue quien convirtió a las analogías biológicas en una verdadera doctrina arquitectónica, nunca las analizó en profundidad y básicamente las consideró desde un punto de vista exclusivamente poético. Con respecto a Wright, piensa que nunca puedo explicar con certeza qué significaba para él la noción de “arquitectura orgánica”. Probablemente porque: “...significaba demasiadas cosas: formas de plantas, cristales, la posibilidad de crecimiento por suma asimétrica, la relación entre el lugar y el cliente, el uso de materiales locales, la individualidad de toda cosa creada, la necesidad de todo artista de imbuir en su trabajo la integridad de su ser más profundo...²² Pero, sobre todo, significaba para él “la arquitectura viviente” simplemente una expresión más poética del ideal de Perret de *L'Architecture Vivante*”, el verdadero “héroe” del texto de Collins.

El autor cierra este capítulo haciendo una evaluación de la analogía biológica durante los últimos cien años, afirmando que todavía es posible hacer un paralelismo entre el amplio desarrollo de la biología y los adelantos de la arquitectura, aunque su valoración, en síntesis, es negativa. Por una parte, el descubrimiento de Roux sobre la determinación del sistema sanguíneo-vascular, por adaptación directa a exigencias funcionales muestra que la forma ocasionalmente sigue a la función. Pero en general, considera que las analogías detalladas resultan tan peligrosas, tanto en el presente, como cuando el slogan fue formulado por vez primera.

Además, se agrega un nuevo peligro a la utilización de la analogía biológica. Frente a la idea actual de que la evolución ya no es factor de progreso, esta idea se ha trasladado al juicio estético. A partir de esto, las obras de arquitecturas se juzgan erróneamente por su cronología: un edificio contemporáneo, por el sólo hecho de ser nuevo, significa un avance, es sinónimo de progreso. Este enfoque crítico tiene otro aspecto negativo: la consideración por parte de las vanguardias de los edificios existentes en las ciudades como nocivos, indignos de ser tenidos en cuenta. Esto

²¹ Van Zanten, D., *op. cit.*

²² *Ibid.*, p. 159.

sería negar la novedosa idea de “ambiente biótico”, es decir, la influencia de los distintos organismos que conviven, como los edificios nuevos y los que ya existen.

Estas consideraciones negativas frente al presente de la disciplina no pueden desvincularse del momento en que se produce la publicación de la primera edición inglesa de *Los ideales...* en 1965. Coincide con el período en que una nueva generación de historiadores y críticos plantean nuevos rumbos en las ideas y la producción de la arquitectura, intentando restituir la continuidad histórica de la ciudad y, en general, la recuperación del pasado y la tradición.

En la interpretación racionalista de Collins son relevantes las ideas, los *ideales* (valores estéticos, morales e intelectuales) que cambian –que es un fenómeno más complejo que la evolución– que son mucho más importantes que las transformaciones de las condiciones materiales. Por eso, para el autor, el verdadero cambio, el inicio de la arquitectura moderna, se produce aproximadamente en 1750 y culmina doscientos años después: “...la arquitectura moderna comienza a tomar forma ya en 1750, pero no encuentra el modo de expresarse en términos morfológicos hasta después de 1890, tras los importantes cambios tecnológicos que se produjeron en el ámbito de la construcción. De ello se deduce que el juego había comenzado mucho antes de la aparición de las vanguardias artísticas y arquitectónicas de la primera mitad del siglo XX”.²³

Dentro de esta revisión de la historiografía de la arquitectura moderna, su personaje más importante de la primera mitad del siglo XX es el arquitecto francés Auguste Perret, continuador de las ideas de Viollet-le-Duc y de Julien Guadet, cuya producción que combina creatividad y razón, concluye alrededor de 1950, fecha de cierre del análisis propuesto en el texto. En contraposición con él, arquitectos como Le Corbusier, Gropius o Mies van der Rohe son considerados como meros productores de formas (*form-givers*), que distorsionaron los verdaderos principios de la arquitectura porque sus intereses se centraron principalmente en los aspectos artísticos, menoscabando el racionalismo puro.²⁴

En síntesis, el concepto de analogía forma parte de una de las varias ideas que Collins utiliza en su texto para poner en cuestionamiento la producción de la arquitectura moderna. Por otro lado, la revisión de su libro nos conecta con el sentido de la segunda hipótesis planteada al comienzo: diferenciar distintos niveles y tipos de analogías entre biología y arquitectura.

Philip Steadman. La analogía y la evolución de los artefactos

Otro texto relevante en relación con el tema que se está tratando es el libro de Philip Steadman, *The Evolution of Designs. Biological analogy in architecture and the applied*

²³ Tournikiotis, Panayotis, *La historiografía de la arquitectura moderna*, Madrid, Maire/Celeste Eds., 2001, p. 176.

²⁴ Ver Collins, Peter, “The Form-Givers”, *Perspecta 7*, New Haven, Yale Architectural Journal, 1961, pp. 91-96.

arts, publicado en 1979, que tuvo una segunda edición revisada y ampliada en 2008.²⁵ En la Introducción a la primera edición, el autor reconoce que, a pesar de la influencia que en el diseño y en las artes aplicadas ha tenido la analogía biológica desde los inicios de esta ciencia, no existen estudios históricos sobre la cuestión, salvo el capítulo del libro de Peter Collins que se ha analizado, aunque para este autor el tema debe ser desarrollado desde otros puntos de vista.

Luego de treinta años de la primera edición de su libro, Steadman elabora una segunda, donde reconoce que han surgido importantes novedades en la evolución científica y cultural, lo que lo ha llevado a revisar y ampliar su texto. Esencialmente, trabajos como los del científico británico Richard Dawkins sobre el concepto de 'meme', o las investigaciones sobre biomimética o cibernética, conjuntamente con la introducción de los sistemas digitales en las prácticas de arquitectos, ingenieros y diseñadores, han dado lugar a una nueva perspectiva a la relación biología-diseño: en líneas generales, exploraciones centradas, no ya en la imitación de las formas naturales, sino interesadas en los procesos biológicos, a fin de derivar de ellos modelos y métodos.²⁶

La amplitud de contenidos del estudio de Steadman es evidente desde el comienzo. Además del capítulo introductorio y el agregado en la segunda edición que cierra el libro, el texto propone en su índice las siguientes cuestiones:

1. La analogía orgánica;
2. La analogía clasificatoria: tipos de edificios y especies naturales;
3. La analogía anatómica: estructuras constructivas y esqueleto animal;
4. La analogía ecológica: el ambiente de artefactos y organismos;
5. La analogía darwiniana: prueba y error en la evolución de organismos y artefactos;
6. La evolución de la decoración;
7. Las herramientas consideradas como órganos o extensiones del cuerpo físico;
8. ¿Cómo acelerar la evolución de las artesanías?;
9. El diseño como proceso de crecimiento;
10. La "biotécnica": plantas y animales como inventores;
11. Estructuras jerárquicas y procesos de adaptación: la analogía biológica en *Ensayo sobre la síntesis de la forma* de Alexander;
12. Las consecuencias de la falacia biológica: el determinismo funcional;
13. Las consecuencias de la falacia biológica: el determinismo histórico y la negación de la tradición;
14. ¿Qué queda de la analogía? La historia y la ciencia de lo artificial.

Las primeras consideraciones se pueden realizar sobre el título mismo de la obra de Steadman, donde de manera explícita, se expresa la idea de que el diseño –tanto en la arquitectura como en las artes aplicadas– evoluciona a lo largo del tiempo. En

²⁵ Steadman, Philip, *The Evolution of Designs. Biological analogy in architecture and the applied arts*, Cambridge, Cambridge University Press, 1979. 2^o Ed., New York, Routledge, 2008. Las citas del texto corresponden a esta última edición.

²⁶ *Ibíd.*, Prefacio a la edición revisada, pp. XV-XVII.

esta evolución, el aporte de la analogía biológica habría sido fundamental. Sin embargo, repitiendo lo que sucede en el texto de Collins, no se encuentran en el libro precisiones ni una definición clara del concepto de analogía.

El objetivo esencial que se plantea en el texto es analizar de manera crítica los diferentes tipos de analogías que, a lo largo de la historia, han hecho distintos autores entre biología, arquitectura y artes aplicadas, y como éstas han influido en la teoría del diseño moderno. En el capítulo 1 –la introducción– aparecen algunas pistas que ayudan a comprender el enfoque del autor. Este se abre con dos citas. La primera pertenece al biólogo norteamericano contemporáneo John Tyler Bonner. La referencia, extraída de su artículo “Analogies in Biology”, publicado en 1964, nos alerta sobre el peligro de las analogías, que se presentan como “recurso de charlatanes y chiflados”, un tema que el propio Steadman desarrollará posteriormente. Pero, en principio, encontramos ya un alerta, un “peligro latente” que estaría presente en la utilización de cierto tipo de analogías, si bien se aclara que junto a lo pernicioso de las mismas, en algunos casos éstas pueden ser “útiles y valiosas”.

La segunda cita corresponde a un texto del historiador y crítico Alan Colquoun, “Tipology and Design Method”, publicado en la revista *Perspecta* N° 12 en 1969. El tema central del mismo es una crítica a las doctrinas del movimiento moderno, por su carácter determinista y por la importancia otorgada a los métodos científicos en la ideación de la arquitectura. Este supuesto de concebir el diseño desde un punto de vista asociado a la ciencia, será un tópico que estará muy presente desde la introducción del libro y será uno de los elementos utilizados por el autor para su análisis crítico de la producción moderna. Steadman plantea que la investigación del siglo XX sobre el diseño se caracterizó por “la idea predominante de que aplicar el pensamiento científico o racional en el diseño implica, en cierto sentido, que el proceso de diseño en sí mismo debe de ser "científico". Considera que esta idea no sólo es un sinsentido sino que, en última instancia, es de alta peligrosidad”.²⁷

El punto culminante de este proceso estaría dado por las exploraciones referidas a los métodos sistemáticos de diseño realizadas durante las décadas de los años 60 y 70, cuyo exponente más importante es Christopher Alexander y la teoría desarrollada en su libro *Notas sobre la síntesis de la forma*, al que el autor dedica un capítulo de su libro. Lo que se propone aquí, en cambio, es que la “cientificidad” de la arquitectura y otros artefactos utilitarios sólo puede referirse a una gama acotada de temas, lejos de la consideración de todos los elementos que se planteaban en ciertas investigaciones del siglo XX.

Dentro de este contexto, ¿cuál sería la importancia de la analogía biológica en relación con el diseño? ¿Cuál sería el propósito de un estudio profundo sobre el tema? Steadman encuentra varias respuestas para estos interrogantes. En primer lugar, existen tanto en los objetos como en los procesos a través de los cuales éstos han sido diseñados características que pueden ser descriptas y comunicadas por medio de la ‘metáfora biológica’. En sus palabras: “Las ideas de ‘totalidad’, ‘coherencia’,

²⁷ *Ibíd.*, Cap. 1. Introducción, p. 2

‘correlación’ e ‘integración’, que se utilizan para expresar la relación organizada entre las partes del organismo biológico, se pueden aplicar para describir cualidades similares en los artefactos bien diseñados. La adaptación del organismo a su entorno, su condición física, se puede comparar con la relación armoniosa de un edificio con su entorno...”.²⁸

Por otra parte, si bien la apelación a analogía biológica es un tema constante en arquitectos como Wright, Sullivan y Le Corbusier y la referencia a la biología ha sido recurrente en los escritos de los teóricos de la arquitectura del último siglo, no existen, según el autor, y como ya se ha mencionado, estudios profundos sobre el tema. Desde el punto de vista histórico, la cuestión aparece fragmentada, sin la posibilidad de tener una imagen de conjunto. El tratamiento inicial y específico sobre la analogía biológica se presenta en el capítulo 2 del libro, aunque su título sea “la analogía orgánica”. El autor reconoce que este término es más antiguo, y al que se le ha dedicado mayor atención por parte de la crítica, especialmente en lo que se refiere al ámbito de las bellas artes y la literatura. La denominación sería por lo tanto adecuada, ya que no se tratarán ahora cuestiones contemporáneas, sino aquellas presentes en el siglo XIX. Desde esta perspectiva, el término biológico sería más correcto para referirse a los nuevos planteos.

A continuación se presentan algunas de las cuestiones que, dentro de la amplitud de temas planteados por Steadman en relación con la analogía biológica, pueden dar una idea general de sus argumentos. Uno de los primeros aspectos que desarrolla está referido a la idea de totalidad, a la correlación entre las partes, que implica una relación equilibrada de las partes con el todo, tanto en los organismos como en las obras de arte. La analogía se puede interpretar desde dos puntos de vista, aunque interrelacionados entre sí: uno referido a la composición de los elementos (cuya coherencia es fuente de belleza) y el otro vinculado con lo funcional (lo bello asociado a lo útil y su expresión).

El criterio de equilibrio como ideal clásico de belleza, derivado de la naturaleza, se remonta, según el autor, a la antigüedad y está presente tanto en los escritos de Platón como de Aristóteles. Posteriormente tendrá enorme influencia en los escritores románticos alemanes que, a su vez, repercutirá en los arquitectos norteamericanos del siglo XIX. En ese siglo, Francis Hutcheson hace una distinción “entre la belleza libre o intrínseca, que deriva de la ‘uniformidad en medio de la variedad’ y no tiene conexión con lo funcional, y la belleza dependiente o relativa, que es un tipo de belleza funcional derivada de la adaptación al uso”²⁹ y, a su vez, acentúa a través de ejemplos, la eficacia y la economía de las máquinas.

El tema de lo funcional se asocia aquí a lo mecánico, que tendrá un tratamiento muy importante por parte de los teóricos del diseño y la arquitectura, tanto los del siglo XIX como los del movimiento moderno del siglo pasado y que, como hemos mencionado – y Steadman lo retoma –, Peter Collins lo separa en la “analogía biológica” y la

²⁸ *Ibíd.*, p. 4.

²⁹ *Ibíd.*, Cap. 2, p. 10.

“analogía mecánica”. Por lo tanto, en la estética funcionalista se expresan dos tradiciones: una que mira la obra de la naturaleza y la otra que observa la obra de la ingeniería mecánica y civil.

En relación con este tema es importante señalar que gran parte de la ciencia biológica contemporánea consideró a los organismos naturales como máquinas donde, por ejemplo, el funcionamiento de los órganos y los sistemas del cuerpo humano eran concebidos a través de principios puramente mecánicos. Uno de los representantes más importantes de este enfoque es, para el autor, Georges Cuvier. Aquí Steadman coincide con Collins, al considerar al anatomista francés como el autor de la clasificación del reino animal, desde un punto de vista en el cual las formas anatómicas están totalmente subordinadas a lo funcional. Cuvier se interesó particularmente por los mamíferos como también, a través del estudio de fósiles, del esqueleto de los más grandes y exóticos animales.

Los dos principios fundamentales de su teoría son:

- el de la ‘correlación de partes’ (o de órganos para Collins) que implica la necesaria interdependencia en los diferentes organismo y sistemas del cuerpo, principio que ya había sido presentado por su predecesor, Félix Vicq d’ Azyr;
- y el de ‘subordinación de caracteres’, que expresa que ciertos órganos o sistemas corporales tienen una importancia mayor que otros y están dispuestos según su jerarquía.

Si para Collins, estos principios tuvieron un influjo limitado en el pensamiento arquitectónico, Steadman propone que las influencias más importantes de estas ideas en el ámbito de la teoría arquitectónica, que desarrolla en el capítulo titulado “La analogía anatómica”, pueden ejemplificarse en los escritos de Horacio Greenough. Este propone que los principios de la construcción pueden derivarse del estudio del esqueleto y la piel de animales e insectos, una forma “naive” de la analogía anatómica según el autor.

En la etapa de la arquitectura moderna reconoce, por ejemplo, el uso del concepto de la correlación entre partes por Le Corbusier, al separar la estructura sustentante de un edificio (esqueleto), independizándola del cerramiento (piel).³⁰ Sin embargo, para el autor, el mejor ejemplo que ilustra este principio está presente en la relación entre la bóveda y la columna en la arquitectura gótica y admirablemente postulado en la teoría de Eugène Viollet-le-Duc. El carácter racional que debe contener una estructura arquitectónica queda claramente expresado en un pasaje de su *Dictionnaire Raisonné de l’Architecture Française*, cuando señala: “De la misma manera que cuando se observa la hoja de una planta se puede deducir la totalidad de la misma; de la misma manera, al observar la sección de un edificio se deducen los miembros arquitectónicos; y de los miembros, la totalidad del monumento”.³¹

³⁰ *Ibid.*, Cap 4, p. 39.

³¹ *Ibid.*, pp. 41-43.

Otra obra que atrajo a los arquitectos e ingenieros interesados por los problemas estáticos, y que podían derivarse de la biología, fue el famoso libro del matemático y biólogo irlandés D'Arcy Thompson (1860-1948), *On Growth and Form*, publicado en 1917. Uno de los aspectos que se destaca en el análisis del autor es el paralelo que realiza entre estructuras mecánicas con los tallos de las plantas y el esqueleto de los animales. Utiliza, por ejemplo, el diseño del Puente de Forth, construido en Escocia entre 1883 y 1890, para demostrar la analogía existente entre la viga cantilever del puente y el esqueleto de un bisonte.

De la idea de relación entre las partes también se puede derivar, según el autor, el 'principio de similitud', que implica que "las relaciones funcionales no sólo pueden gobernar la presencia necesaria y simultánea de varios órganos en una combinación sistemática, sino también determinar las proporciones y las dimensiones de la forma total de un una criatura".³² Este principio ha sido ampliamente utilizado en la arquitectura relacionado con las dimensiones de los espacios utilitarios, la iluminación necesaria, el aspecto lumínico, etc. En el siglo XIX ha sido teorizado, entre otros, por Herbert Spencer. Pero está también asociado a lo planteado ya por Cuvier, quien afirma que la coordinación entre las partes internas de un organismo obedece también a las condiciones externas o al medio ambiente en que el animal se desarrolla.

Esta idea sirve de introducción para lo que Steadman llama la "analogía ecológica", capítulo en el que se analiza cómo las fuerzas del entorno, como las climáticas y ecológicas, modelan las formas de un organismo, análogamente las fuerzas económicas, sociales y culturales y los fines a los que está destinada son determinantes para la conformación de la arquitectura y el diseño.

"Tenemos aquí la base clara de una analogía 'ecológica' bastante simple, cuyo planteo es sumamente familiar en la literatura funcionalista del siglo XIX y en el movimiento moderno: tanto en los animales como en los objetos, la forma se relaciona con la función y la función está relacionada con el medio ambiente (...) El grado en el que la forma se adapta o es adecuada a la función y el medio ambiente puede expresarse en términos de 'adaptación' o también (después de Darwin y Spencer) en términos de 'aptitud'".³³

El vínculo con el ambiente sirve también como elemento para introducir otro de los temas importantes en el texto que es la manera en que los objetos se desarrollan a lo largo del tiempo, cómo evolucionan. Como ya hemos mencionado, esta es una condición que se plantea desde el inicio del texto con respecto a las variaciones en el diseño. Steadman afirma que existe una "falacia central en el núcleo de la mayoría de las analogías realizadas históricamente entre arquitectura y biología –entre las cuales la 'falacia orgánica' de Geoffrey Scott es sólo un ejemplo– que se origina principalmente a partir de una ecuación incorrecta entre la evolución orgánica y los mecanismos darwinistas o con las características de la transmisión de las propiedades materiales de la cultura y la herencia lamarckiana".³⁴

³² *Ibid.*, p. 46.

³³ *Ibid.*, Cap. 5, p. 55.

³⁴ *Ibid.*, Cap. 1, p. 5.

Para la teoría de la evolución de las especies de Darwin, las variaciones que puede sufrir un organismo son algo aleatorio y no tienen ninguna relación con el ambiente. Estos cambios no se transmiten por herencia y sólo están sometidos al criterio de selección. En cambio, según Lamarck, los cambios que se producen en los organismos son intentos para lograr una mejor adaptación a las características de un entorno variable; esta transformación podría pasar a la generación sucesiva. Expresa: “La teoría de Darwin, usando términos de Lederberg, es una teoría ‘electiva’ de la evolución, donde el ambiente elige los cambios adecuados en los organismos considerados dentro de una escala dada para la variación. El lamarckismo es una teoría ‘instructiva’, donde el medio ambiente se considera con poder para ejercer un efecto directo sobre los organismos, y para “enseñar” a que produzcan cambios por sí mismos de manera adecuada”.³⁵ Si bien para Steadman, desde cierto punto de vista, la evolución de la cultura podría tener algún parentesco con la idea de la transmisión de los caracteres adquiridos por los individuos en un determinado período histórico, cualquier analogía biológica entre cultura y evolución orgánica, tanto desde una mirada darwinina como lamarckina, conducirían a falsedades bastante evidentes.

¿Que nos queda entonces de las analogías biológicas? Por una parte, el autor nos advierte de un importante efecto nocivo: favorecieron la creencia en un ‘determinismo funcional’ en el diseño moderno, que prestó una atención casi exclusiva a las funciones utilitarias, a través de lo cual pretendía emular los métodos típicos de la ciencia. Este acercamiento al problema a través del razonamiento inductivo los condujo a un error que podría justamente denominarse ‘falacia inductiva’. Resuena nuevamente aquí la valoración negativa de Collins sobre las analogías funcionales.

Pero aparecen en el texto de Steadman algunas afirmaciones en sentido opuesto. Por ejemplo, cuando plantea que “La analogía biológica, a pesar de su asociación con falacias funcionalistas e historicistas, nos permite una visión global de la historia de la tecnología –sobre todo en sus fases iniciales– que cree que puede ser todavía extremadamente útil para la organización de la teoría y la investigación”.³⁶ Esta visión histórica, pero considerando un espectro de cuestiones más amplias, permitiría también reconstruir, –según el autor–, la continuidad a lo largo del tiempo de las formas de los artefactos, su transformación gradual y su pervivencia, desde la mera copia de lo existente a la incorporación paulatina de nuevos atributos; o las novedades radicales que en ellos se producen a partir, por ejemplo, de las mejoras técnicas que repercuten en el rendimiento y la eficiencia de los objetos utilitarios o los cambios en las tendencias marcadas por la moda.

El análisis de este proceso nunca debe de estar desprendido de una “lógica de las situaciones”, que está más allá de las posibles previsiones científicas, y que se corresponden con los valores estéticos, significativos, la respuesta a usos particulares, las percepciones que corresponden a un momento histórico:

³⁵ *Ibíd.*, Cap 13, p. 180.

³⁶ *Ibíd.*, Cap 15, p. 217.

“En resumen: las explicaciones de las secuencias de los artefactos hechos de acuerdo a una lógica de la situación tiene que estar relacionada con las circunstancias culturales y sociales en las que se crea la demanda del objeto y le dan un significado; con las limitaciones impuestas sobre el diseño por medios tecnológicos y materiales disponible en cada momento histórico; y por el cuerpo de conocimientos, científico o de otro tipo, disponibles y conocidos por el diseñador y sobre cuya base sus ‘hipótesis’ de diseño se han construido y han sido probadas”.³⁷

El análisis de los textos precedentes, independientemente de la profundidad del enfoque del tema en cada uno de ellos, nos presenta una información en cierto sentido bastante confusa. La amplia indagación desplegada por los dos autores sobre las analogías aparece funcional a sus respectivos objetivos: la crítica a la arquitectura moderna por parte de Collins y la visión de Steadman en la que las analogías conducen a falacias funcionalistas e historicistas, ya que la "evolución" de los objetos sigue una secuencia de desarrollo histórico que no está bajo el control de los hombres. Si bien despliegan diversas facetas sobre los escritos teóricos que vinculan los desarrollos de la biología y la arquitectura, principalmente los del siglo XIX, sólo plantean, en principio, más interrogantes. La cuestión esencial, en ambos casos, es la inexistencia de la explicitación del concepto de analogía, sus tipos y alcances y, particularmente, cuál ha sido la influencia en las prácticas del proyecto.

Nuevas perspectivas: morfogénesis y proyecto

La persistencia hasta la actualidad de las relaciones que se presentan entre biología y arquitectura fueron ya reconocida por Steadman, cuando justifica la ampliación y la reedición de su libro. En el epílogo del texto de 2008 se tratan justamente, como su título lo indica, los “Desarrollos desde 1980”. En los diferentes apartados del texto, el autor enuncia una serie de desarrollos que corresponden a un “nuevo organicismo”, donde se presentan “...variadas alusiones compositivas y estructurales a formas de plantas y animales. También apelaciones a ciertos principios geométricos de organización naturales, como las series de Fibonacci y la aparición del desarrollo en espiral en caparzones, piñas y girasoles, o en los trabajos del matemático Benoit Mandelbrot sobre fractales”.³⁸

Otro de los temas que surge como relevante son los aportes, tanto para la arquitectura como para la ingeniería, de los sistemas digitales representado, por ejemplo, en los ‘algoritmos evolutivos’. De todos modos, el autor continúa centrando su discurso en la cuestión de la evolución y dedica gran parte del capítulo al tema de los ‘memes’, donde se plantea que la cultura evolucionaría con los mismos principios que los de la genética concluyendo con una crítica negativa sobre estos nuevos desarrollos. Afirma que muchos “arquitectos han generado superficies ‘orgánicas’ de doble curvatura, con la ayuda de software que no tienen ninguna base en los procesos o estructuras

³⁷ *Ibíd.*, p. 223.

³⁸ *Ibíd.*, Epílogo, p. 237.

biológicas”, promoviendo una analogía con la naturaleza que sólo se queda en el nivel de las apariencias, y particularmente, con las formas no cuadrangulares de la misma.³⁹

Sin embargo, en contraposición con los ideas de Steadman, aparecen en los últimos años un número cada vez mayor de arquitectos y teóricos que recuperan la relación con la naturaleza, privilegiando la idea de “eficacia” que en ella se puede encontrar, vinculándola con los problemas del medio ambiente y la eficiencia en el uso de los recursos energéticos y materiales; esto podría interpretarse como el surgimiento de un nuevo paradigma.⁴⁰ La lógica de la optimización de los recursos con los que la naturaleza opera creando estructura complejas plantearía entonces un referente importante para la investigación por parte de los arquitectos, quienes, a través de este conocimiento, podrían establecer posibles parentescos entre los procesos de ideación, en particular, con las ciencias biológicas.

Estas ideas se enmarcan en un nuevo interés por los discursos científicos, típicos del siglo XXI, que se apartan del que tuvieron para la teoría de la arquitectura por ejemplo, la literatura y la filosofía, característicos de las últimas décadas del siglo pasado. Pero cabe destacar que estas experiencias se inscriben en una nueva idea de ciencia. Esta ya no aparece hoy como el lugar de la indagación de la verdad ni como un ámbito en el que se busca legitimidad, sino que se asocia con la de un mundo de artefactos que ya no pueden considerarse como naturales, sino con la invención de “híbridos” entre lo natural y lo artificial. Desde esta perspectiva la ciencia ya no es esencialmente descubrimiento sino construcción del mundo material. Y en estas investigaciones, el aporte de las técnicas digitales es esencial.

El interés por el cuidado de los recursos del planeta a través de una valoración del rendimiento como parámetro fundamental del proceso de diseño 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”.⁴¹ El término morfogénesis que deriva del griego ‘morphê’ (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 biología, el término también adquiere distintos sentidos y adopta múltiples formas. Por ejemplo, la morfogénesis se usa para analizar tanto la organización total de un organismo, como la estructura o matriz de cada célula que lo compone y la capacidad de las células para crear tejidos. Además, investiga las características fundamentales del crecimiento y evolución de los seres vivos, cuáles son sus diferentes mecanismos y cómo se desarrollan en su medio ambiente.

³⁹ *Ibíd.*, p. 258

⁴⁰ Para una primera aproximación a esta idea de ‘eficiencia’, ver Leach, Neil, “Digital Morphogenesis”, *AD. Theoretical Meltdown*, Vol. 79, Nº 1, p. 32 y ss.

⁴¹ Leach, N., *op. cit.*, p. 32.

En el ámbito específico de la arquitectura el término morfogénesis se asocia al concepto de 'morfogénesis digital' o 'computacional', e implica un conjunto de métodos que utiliza los medios digitales, no ya como sistemas de representación, sino 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 muchos discursos recientes sobre el tema, la morfogénesis digital se vincula “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”.⁴²

En este sentido, la herramienta clave es lo paramétrico, que ha reemplazado los principios estables de la geometría euclidiana hacia sistemas que involucran múltiples posibilidades. En este tipo de diseño, lo que se plantea son parámetros o variables específicas para un diseño particular, no su forma; y mediante la asignación de valores diferentes a las mismas, se 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 Kilarevic: “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.”⁴³

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, proporcionan un riquísimo espectro de posibilidades para los cruces analógicos.

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

⁴² Ver Hensel, M., Menges, A. y Weinstock, M., *Emergence: Morphogenetic Design Strategies*, Wiley, London, 2004; Roudavski, Stanislav, “Towards Morphogenesis in Architecture”, *International Journal of Architecture Computing*, N° 03, Vol. 7, 2009, pp. 345-374; Fraile, Marcelo, “Morfogénesis digital. La creación de un paradigma sostenible”, <http://mfraile.files.wordpress.com/2012/03/morfogenesis-digital.pdf>, consultado el 26/05/2012.

⁴³ Kolarevic, Branco, “Digital Morphogenesis”, en Kolarevic, B. (ed.), *Architecture in the Digital Age: Design and Manufacturing*, Spon Press, New York y London, 2003, pp. 17-45; www.i-m-a-d-e.org/fabrication/wp-content/uploads/2010/08/02.

lenguaje común, porque ambas aspiran a construir modelos de crecimiento y de adaptación (o morfogénesis) *in silico*.⁴⁴

Desde el campo de la biología, en cambio, sus estudios podrían vincularse con la arquitectura y la ingeniería porque:

“1) los componentes de los organismos se desarrollan y están influenciados por condiciones contextuales, tales como cargas estáticas y dinámicas o la disponibilidad de la luz solar; 2) tanto en biología como en arquitectura, los modelos computacionales se están convirtiendo en una herramienta cada vez más importante para el estudio de tales influencias; 3) la arquitectura y la ingeniería han desarrollado herramientas computacionales para evaluar y simular complejas situaciones físicas (como la distribución de cargas, el rendimiento térmico o los valores de radiación); y 4) estas herramientas son todavía inusuales o no están disponibles en la biología”.

Es importante tener en cuenta que si bien, como se ha visto, la arquitectura y la biología pueden “emparentarse” desde ciertos aspectos, no es conveniente ni posible la traslación literal de las estructuras o procesos biológicos al diseño arquitectónico.

A partir de las consideraciones realizadas, se propone a continuación el análisis de una serie de casos de proyectos y edificios, donde es posible descubrir las múltiples maneras en que la analogía biológica puede operar. Como se ha referido en la segunda hipótesis aquí planteada, estas relaciones pueden ser de diferente carácter, tipo y nivel.

De la semejanza a los principios

Un ‘alien amigable’: la Kuntshaus

En el año 2000, los arquitectos Peter Cook y Colin Fournier resultaron ganadores en el concurso realizado para seleccionar la sede de un museo especializado en arte contemporáneo para la ciudad de Graz (Austria): la *Kuntshaus*. Este museo, sin colección propia, es una de las obras que integraron el programa de reformas urbanas, en ocasión de la consagración de esta ciudad, como Capital Europea de la Cultura para el año 2003. El edificio estaría situado en el barrio histórico de Murvorstadt, sobre el río Mur, caracterizado por una arquitectura tradicional de raíz barroca.

El proyecto es sumamente novedoso y consiste, básicamente, en una estructura formada por un globo o burbuja azul, materializada por una piel de paneles de resina acrílica, con protuberancias cilíndricas a modo de lucarnas. La nueva obra fue construida, adosándose a un edificio existente del siglo XIX, la *Haus Eisernes* (Casa de Hierro), formando un conjunto de fuertes contrastes, que se presenta como un elemento extraño en el contexto general del barrio. El crítico Charles Jencks denomina

⁴⁴ Roudavski, S., *op. cit.*, p. 348 y ss.

“maestros de las burbujas (blobs)” a los autores de estas formas ondulantes, inspiradas en la naturaleza y que explotan las posibilidades de la tecnología digital, e incluye sus obras en una categoría que define como “Organi-Tech”.⁴⁵ Las indudables características biomórficas del edificio han hecho que se lo asocie, entre otras cosas, con la forma de un hígado, un erizo o una oruga con la panza hacia arriba. Por otra parte, es evidente un marcado interés (por parte de los autores) por los vínculos entre la arquitectura y los animales. Tal vez esto podría remontarse a las experiencias utópicas de la década del 60 del grupo Archigram, del cual Peter Cook (1936) fue uno de sus miembros más relevantes.

En la memoria descriptiva de la *Kuntshaus* se plantean varias referencias a lo biológico: “criatura arquitectónica”, “piel”, “membrana con forma de capullo”, “bolsillos canguro”, “acceso por el bajo vientre”,⁴⁶ sin que éstas impliquen una alusión directa a un referente específico que haya dado origen a la resolución del edificio.

Sin embargo, existen otros elementos importantes a considerar. Por una parte, el sitio actual en el que se ubica la obra no es el original. En principio, se había pensado en una cueva de una colina del centro de la ciudad, que luego se cambió. En relación con esta situación, Fournier dice: “...pensamos en tapizar esa cueva con una membrana que cubriera sus contornos rugosos y sobresaliera de la montaña como la lengua de un dragón. Al cambiar la ubicación del museo, la piel del dragón quedó a la vista”.⁴⁷ Hasta el momento es obvio que nos encontramos frente a un tipo de analogías que considera, básicamente, las características de semejanza formal entre el edificio y el objeto analogado.

Pero tal vez, el signo más sugestivo se encuentra en el título de la memoria: “El concepto. Un ‘alien’ amigable”. La idea de alien tiene múltiples significados. Designa, en su acepción más conocida, desde los seres extraterrestres, hasta lo no-nativo; o a organismos cuya característica más importante es la hibridación. La raíz del término alien es ‘alo’, que significa lo otro, lo que pertenece a otro orden. Las derivaciones del concepto de alien en el ámbito de la arquitectura han sido teorizadas por Marcos Novak (1957, Los Ángeles) quien las ha aplicado en diferentes estructuras formales e instalaciones. Este arquitecto, especialista en arquitectura virtual y diseño cibernético, acuñó el término “transarquitectura”, que es típica del estado actual de la cultura, al que define como “transmoderno”. Una serie de sus trabajos, profundamente influidos por los medios digitales, se centran justamente en lo que define como “arquitecturas alienígenas” o “aloarquitectura”,⁴⁸ que implican básicamente la introducción de un atributo inesperado en un sistema dado.

⁴⁵ Ver Jencks, Charles, “El nuevo paradigma en arquitectura”, *The Architectural Review*, Febrero, 2003.

⁴⁶ Fournier, Colin, “Memoria para el concurso” (Fragmento), <http://www.virose.pt/arch/clusters/walls/walls02.html>, consultado el 10/03/2010. Las citas que aparezcan a continuación entrecomilladas y que no tengan referencia corresponden a la memoria descriptiva de la obra que se está considerando. Se entiende por “memoria descriptiva” cualquier tipo de texto con el que el o los autores de un proyecto lo acompañan para justificar o explicar sus referentes o toma de decisiones.

⁴⁷ Fournier, Colin, <http://noticias.arq.com.mx/Detalles/6041.html>, consultado el 22/03/2010.

⁴⁸ Ver Novak, Marcos, “Speciazione, trasvergenza, allogenesi: note sulla produzione dell’alien”, en Sacchi, L. y Unali, M. (eds.), *Architettura el cultura digitale*, Milano, Skira Ed., 2003. Uno de los textos fundamentales de Novak es “Liquid architecture in cyberspace”, publicado en Dodge, M. y Kitchin, R. (eds.) *Atlas of cyberspace*, Michigan, Addison-Wesley, 2001. Ejemplos de las denominadas “aloarquitecturas” son “*Invisible architectures*”, instalación que representó a Grecia en la Bienal de

Teniendo en cuenta estos principios inventa nuevos instrumentos y nuevos espacios arquitectónicos, haciendo uso de ciertos conceptos como el de *transvergencia*: la transferencia y aplicación de conocimientos de un campo en otro y que Novak asocia a estrategias no lineales sino ramificadas, a la complejidad, al caos, a las teorías de las catástrofes, a los sistemas dinámicos y a la aparición de la vida artificial. "...la transvergencia se propone como una estrategia de choque corrector de extrapolaciones simples en *otro lugar*, es decir, en el territorio del *alo*".⁴⁹

Frente a la idea de evolución, habitualmente la más aceptada en biología, Novak propone el concepto de *especiación*: "...el estudio del mecanismo responsable para la aparición de una nueva especie: una nueva especie de teorías, de prácticas, de disciplinas y, finalmente, nuevas especies de nosotros mismos".⁵⁰

La situación extrema de esta idea estaría en el planteo de la alogénesis, es decir, "lo que se ha formado en el interior de una especie y que ha evolucionado hasta convertirse en algo 'extraño' en relación con sus propios orígenes".⁵¹

Las posibles influencias de las ideas y los escritos de Novak sobre los autores de la *Kunsthhaus* no han sido explicitados por éstos. De todos modos, pareciera que la idea de alien que se presenta en el título de la memoria del edificio sólo hace referencia al carácter de objeto "un tanto extraño" en el entorno en el que aparece, aunque esto suceda en una ciudad que, según los autores, es "notoria por su relación con el diseño experimental". La adjetivación de "amigable" se asocia con un edificio que es "abierto y flexible", una obra que por su carácter versátil y variable se adaptará tanto a "los deseos de los visitantes como de los curadores". En síntesis, en el edificio "se trata de conciliar (...) el anhelo de un objeto de sobresalir por derecho propio con el de querer estar, de una manera respetuosa, al servicio de las obras de arte y de las instalaciones que serán allí programadas".

Una última referencia al carácter biológico del edificio puede hacerse en relación con la envolvente, una piel tridimensional sensible y cambiante en el tiempo. El sistema BIX, desarrollado por una empresa alemana, incorpora dentro del espesor de la superficie exterior un conjunto de tubos fluorescentes y sensores que, a través de un procedimiento de control computarizado, convierte la piel en una gran pantalla donde es posible proyectar imágenes y flujos de textos. Los elementos proyectados, las calidades de opacidad, reflexión y transparencia y la iluminación convierten a la *Kunsthhaus*, en un organismo que pareciera "estar vivo" y mutar permanentemente.

Arquitectura biomimética: la Bio-Tower

Uno de los aspectos de la morfogénesis biológica que todavía no ha sido muy explorado es el relativo al reino vegetal. La diversidad del mismo en cuanto a clases, órdenes, familias, géneros y especies ofrece una enorme cantidad de ejemplos a

Venecia del 2000; "*Alien within Erice*", performance en la iglesia de San Giovanni, en Erice (Sicilia, Italia) en 2001. Esta experiencia fue reproducida posteriormente en Venecia y Florencia.

⁴⁹ *Ibid.*, p. 149

⁵⁰ *Ibid.*, p. 145.

⁵¹ *Ibid.*, p. 146.

investigar, cuyos comportamientos hoy, los biólogos comienzan a analizar y experimentar a través de modelos matemáticos y computacionales. En este sentido, Roudavski señala: “Conceptualmente la comparación entre las estructuras arquitectónicas, que son típicamente inmóviles, y las de las plantas, que son también relativamente estáticas, parecería menos problemática que con, por ejemplo, las de los animales”.⁵²

El diseñador Dennis Dollens uno de los investigadores reconocidos en este campo, es profesor del Programa de Arquitecturas Bio-Digitales de la Universidad Internacional de Calalunya, España. Uno de los textos más conocidos de Dollens es *D2A: Digital to analog*,⁵³ en el que, a través de las obras de diversos artistas, analiza la concepción del espacio arquitectónico desde una mirada que enfatiza el uso de las tecnologías digitales. Para Dollens, la biología, la botánica y la naturaleza en general, han sido fuentes de inspiración para la arquitectura desde tiempos inmemoriales. En términos generales, sus búsquedas están centradas en encontrar en la naturaleza elementos generativos para la arquitectura, desarrollando la idea de una arquitectura biomimética que implica el intento de trasladar a los edificios propiedades biológicas como, por ejemplo, la filotaxis (la distribución de las hojas alrededor del tallo teniendo en cuenta su exposición al sol con el mínimo de interferencia entre ellas), la alometría (que se refiere a las tasas de crecimiento diferencial) y el fototropismo (que es la respuesta de un vegetal a los estímulos luminosos). Estas propiedades, traducidas en notaciones algorítmicas, permiten experimentar en una serie de objetos híbridos, que son “naturales” y, su vez, estructuras arquitectónicas. La idea no es copiar el mundo natural, haciendo edificios que parezcan árboles, sino utilizar procesos naturales como, por ejemplo, el de la fotosíntesis, y aplicarlo en un edificio en relación con el uso del aprovechamiento de la energía solar.⁵⁴

En su proyecto de la *Bio-Tower* (2009) imaginó un edificio conformado por un núcleo circular, sin mayores definiciones, en torno al cual se coloca “una armadura de ramas, semejante a una cesta cilíndrica tejida, de las que brotan una serie de racimos de hojas en espiral y sistemas biomecánicos que actúan como membranas-filtro en relación con el interior del edificio”.⁵⁵ Esta estructura, a través de la incorporación de sensores, permite realizar toda una serie de operaciones de control climático en el edificio, al intervenir, por ejemplo, sobre la incidencia de la luz solar o la acción del viento. En este caso, la distribución de las hojas “tomó como modelo la vara de la yuca de hojas en roseta (*Yucca glauca*). Las espigas de flores se desarrollan desde el tallo mostrando un patrón de crecimiento que responde a la espiral de Fibonacci.

Estos modelos vegetales utilizados por Dollens tienen su origen en el *Xfog*, un software que usan los paisajistas para predecir el crecimiento de los vegetales teniendo en cuenta la influencia que ejercen elementos tales como la luz solar, la

⁵² Roudavski, S., *op. cit.*, p. 359.

⁵³ Dollens, Denis, *D2A: Digital to analog*, New Mexico, Lumen, 2001. Ed. española, *De lo digital a lo analógico*, Barcelona, G. Gili, 2002.

⁵⁴ Para una aproximación a estas investigaciones, ver Dollens D., *DBA: Digital-Botanic Architecture*, SITES Books, Santa Fe, New Mexico, 2005; Dollens D., *Digital Botanic Architecture 2*, Santa Fe, New Mexico, Lumen, 2009.

⁵⁵ Dollens, D., “BioTower”, *Digital Botanic Architecture 2*, cit., p. 65

humedad y otros componentes del ambiente. El software tiene la capacidad de producir formas basadas en atributos botánicos seleccionados de los organismos vivos, a partir de la información recogida en sus archivos 3D durante 40 años como, por ejemplo, la organización y distribución de las ramas y de las hojas. Pero el diseño de sus parámetros de crecimiento puede también generar estructuras originales, imitando, por ejemplo, los algoritmos orgánicos que se han derivados de los que son propios de un roble o un olmo. "Y yo utilizo esto para simular la manera en que una estructura arquitectónica crecería para buscar la mejor orientación solar, los mejores flujos de aire caliente y frío, la reducción del consumo energético y de agua, etc."

Por otra parte, las investigaciones de Dollens se orientan hacia el desarrollo de nuevos materiales constitutivos de una fachada, tales como paneles o unidades modulares, que se pueden generarse digitalmente, a través del estudio a nivel microscópico, del comportamiento, por ejemplo, de las células de una hoja. La manera en que estos elementos naturales "respiran o ventilan", traducidos a procesos digitales, pueden dar origen a membranas construidas artificialmente que repliquen estos comportamientos, transformando la piel de los edificios en sistemas híbridos que reaccionan a las variaciones del ambiente.

En última instancia, la idea de Dollens de estas bio-arquitecturas, se relaciona con una concepción de los edificios como elementos activos en la resolución de los problemas ambientales, creando objetos más aptos, más eficientes, para evitar la degradación del planeta.

Célula y mutación: la casa embriológica

Es importante señalar en este punto que la relación biología-arquitectura aparece indisolublemente ligada en las últimas décadas a los avances de la genética, como el descubrimiento del ADN (abreviatura del ácido desoxirribonucleico), la molécula que forma parte de todas las células y es responsable tanto de la transmisión hereditaria como del funcionamiento de todos los organismos vivos, o el posterior *Proyecto Genoma Humano*, que intenta determinar una cartografía con los aproximadamente 25.000 genes del genoma humano y el respectivo material hereditario de la especie. Estas investigaciones y descubrimientos han producido un enorme impacto e influencia en distintos aspectos de la cultura contemporánea y, obviamente, también en el pensamiento arquitectónico. A pesar de algunas discusiones sobre quiénes pueden considerarse los verdaderos autores del descubrimiento del ADN, la propuesta del modelo de la doble hélice para representar la estructura tridimensional del polímero se atribuye al biólogo norteamericano James Watson y al neurocientífico británico Francis Crick, quienes, en 1962, recibieron por este hallazgo el Premio Nobel de Medicina.

En el Museo Mercedes Benz (2003-2006) los integrantes de UNStudio, Ben van Berkel y Caroline Bos, evocan las características de la imagen del ADN. El edificio, estructurado a partir de una doble rampa entrelazada, aludiría metafóricamente con esta organización, a la memoria, a la herencia de la marca automovilística. Una interpretación más compleja, a la que se aludió al inicio del texto, es la referencia al ADN que el arquitecto Peter Eisenman hace en la memoria descriptiva para explicar su

proyecto para los laboratorios del Biocentro de la Universidad de Frankfurt de 1987: "... partimos primeramente de la representación tradicional de la biología, haciendo una lectura arquitectónica de los conceptos biológicos de los procesos del ADN e interpretándolos en términos geométricos".⁵⁶

Pero la elaboración que Eisenman hace de la idea –y que indica su permanente atención a los desarrollos científicos más novedosos como inspiración para su arquitectura– no se reduce a la simple utilización de la doble espiral. La forma resultante del edificio se deriva de los esquemas que los científicos desarrollaron para explicar en términos geométricos, los tres procesos básicos a través de los cuales el ADN fabrica las proteínas: replicación, transcripción y traslación. Apela para ello a una serie de figuras geométricas simples, transformándolas en una notación algebraica. "La convención habitual establece para la representación de las sustancias que participan de estos procesos la utilización de figuras geométricas básicas: el círculo para el fosfato, el rectángulo para la adenina y el pentágono para la desoxirribosa".⁵⁷

En este caso, el referente analógico podría estar justificado teniendo en cuenta la relación con el programa edilicio, un laboratorio y, por lo tanto, su probable conexión con las investigaciones genéticas. Esta situación de especificidad y vínculo entre programa y material que entabla la analogía proyectual, no es habitual en las prácticas contemporáneas, ni siquiera en las que realizó posteriormente, el propio Eisenman. Desde otro punto de vista, la imagen de la cadena del ADN, considerada como una de las imágenes "más populares" de la investigación científica, ha dado lugar a otro tipo de especulaciones. Si en principio, se acepta que en el análisis que se ha realizado se ponen en evidencia las raíces biológicas presentes en ciertos proyectos arquitectónicos, no sería posible, en este caso, formular la hipótesis de una raíz arquitectónica en el pensamiento biológico? ¿O no es cierto que los científicos recurren a diferentes fuentes como apoyo de sus investigaciones? ¿No se podría imaginar que el recorrido vertical del helicoide es homólogo al de los peldaños de una escalera?⁵⁸

"Existen muchas fotografías célebres que muestran a los biólogos construyendo sus modelos teóricos, de la misma forma en que los arquitectos y los ingenieros construyen sus maquetas. Quién podría negar que al atribuir la forma helicoidal a estas moléculas, Watson y Crik no tuvieron presente en su mente algunas de las magníficas escaleras de doble espiral de ciertos castillos del Loire...? En la medida en que la doble escalera se encuentra habitualmente en los manuales de biología, uno puede legítimamente preguntarse sobre su doble valor heurístico y didáctico, ya que algunas imágenes tomadas desde lo alto de la escalera de Chambord se asemejan a los primeros esquemas del ADN".⁵⁹

⁵⁶ Eisenman, P, "Memoria...", *cit.*

⁵⁷ Ver Giménez, C. G. y alt., *op. cit.*, p. 82.

⁵⁸ Para esta interpretación de la cuestión, ver Chupin, Jean-Pierre, *Analogie et théorie en architecture*, Gollion, Infolio, 2010, p. 107 y ss.

⁵⁹ *Ibíd.*

Esta hipótesis de un posible “vínculo entrecruzado” entre arquitectura y biología muestra una vez más la profunda capacidad heurística del pensamiento analógico para cualquier disciplina. Relaciones que pueden surgir, como en el caso de Eisenman, de una asociación programática pero que, en general, exploran vertientes que tienen más que ver con las propias experiencias de los diseñadores, con lo que conocen, con lo que han observado y vivido y con sus prácticas cotidianas.

Tal vez influenciado por las ideas de Peter Eisenman, Greg Lynn propone un enfoque novedoso del vínculo entre biología y arquitectura en su proyecto para la Casa embriológica (2000).⁶⁰ Este arquitecto y académico norteamericano trabajó justamente con Eisenman hasta que, en 1994, funda su propio estudio, *Greg Lynn FORM*, un equipo multidisciplinar con el que realizó hasta la actualidad importantes investigaciones. A su vez, Lynn continúa con su carrera académica, actuando como profesor invitado en numerosas universidades norteamericanas y europeas.

Lynn es considerado uno de los representantes más importantes de las arquitecturas “blobs” o “blobitecture”, término que él mismo acuñó en 1995. “Blobs”, iniciales de *Binary Large Objects* es característico de sus proyectos y derivó en la creación de un software denominado “Bobby” que permite la creación de un tipo de formas orgánicas asociadas a las amebas. En la Casa embriológica se propone “... una estrategia para la invención de un espacio doméstico en relación con aspectos que marcan la contemporaneidad, tales como la identidad y la variación, la personalización y la continuidad, la flexibilidad en la fabricación y el montaje...”.⁶¹ Este proyecto experimental, que refleja las preocupaciones y los puntos de vista de Lynn sobre la concepción de la arquitectura y el proyecto, se apoya en una serie de principios que se enuncian en la memoria descriptiva del mismo.

En primer lugar, propone una nueva definición del concepto de vivienda; frente a la idea tradicional de una vivienda moderna que se concibe como “un conjunto de partes discretas [donde] cada casa se diferencia según la adición o sustracción de las piezas de ese conjunto” se propone un sistema donde “las variaciones libres” sean la característica primordial del objeto. Frente al planteo del mundo contemporáneo de un sistema de vida dominado por la movilidad, la transformación, la flexibilidad, los requerimientos particulares, se hace necesaria una alternativa a la masividad concebida en términos del siglo XX. Tomando en cuenta que en Estados Unidos un alto porcentaje de las viviendas individuales son prefabricadas, Lynn propone una arquitectura construida de forma análoga con las “técnicas de fabricación de la industria automotriz y de fabricación de aviones”. Este punto de vista parte de la idea de “carcaza”, típica, por ejemplo, de la producción de automóviles que se fabrican en forma seriada pero que, su vez, da lugar a toda una serie de terminaciones, accesorios, elementos especiales, que responden a deseos o especificaciones de los diferentes consumidores. Este concepto, definido en la casa como “monocasco”, está conformado por un bastidor de elementos estructurales ligeros y una piel que, al

⁶⁰ Lynn, Greg, “Memoria de la Casa Embriológica”, www.artbyte.com/mag/nov_dec_00lynn_content.shtml, consultado el 10/10/2010.

⁶¹ Lynn, Greg, “Embriological House”, *AD. Contemporary Processes in Architecture*, Vol. 70, Nº 3, Junio 2000, p.26 y ss.

vincularlos entre sí, los hace rígidos. El sistema se compone por 2048 paneles diferentes, 9 marcos de acero y 72 costillas de aluminio, todos elementos estandarizados que, combinados de distintas formas, hacen posible una “producción masiva” pero de objetos que, en principio, son individuales y únicos.

El mismo criterio se repite en el interior de la vivienda, que “es como el interior de un automóvil. Tiene una superficie que está tapizada, alfombrada, es de madera, con los instrumentos y la tecnología incorporados en ella”. La misma está modelada “generando cavidades para formar muebles, lugares de almacenamiento, armarios, mesas, sillas, bañeras y se pueden empotrar electrodomésticos, mobiliario, equipos”. La concepción formal de la vivienda expresa una idea de arquitectura que se presenta como un artefacto cuyas formas se basan en geometrías no lineales, dinámicas, mutables, cuya génesis está altamente condicionada por la investigación y el uso de complejos sistemas informáticos.

El punto de partida de la casa embriológica es un elemento con una forma topológica de raíz orgánica llamado “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 “el contexto, el cliente, los caprichos del arquitecto o lo que sea”.

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”.

Resulta evidente que la resolución de este tipo de proyectos tiene una dependencia casi excluyente de la utilización de programas informáticos sofisticados. Como muchos arquitectos contemporáneos, Lynn genera su arquitectura a partir de diagramas; en su caso se podrían caracterizar como dispositivos que tienen como objetivo el logro de una “forma animada”. En el proyecto de la Casa embriológica se combinan una gran variedad de formatos digitales que se utilizan tanto para crear como para almacenar la información necesaria, ya sea bidimensional o tridimensional y que concluyen generalmente en un video que muestra el proceso realizado y los posibles resultados. De allí que aparezcan, por ejemplo, archivos con formato de gráficos vectoriales tridimensionales (Microstation: DGN; Auto CAD), de modelado superficial (Maya), imágenes en dos dimensiones (JPG) hasta los de fabricación controlada por computadora (ORD).

Su admiración por los procedimientos digitales queda claramente expresada cuando dice: “Hoy el ordenador es un experimento extraño. Y debería ser una herramienta clásica, rigurosa y profunda. (...) Los seres humanos no vamos hacia atrás. Cuando tenemos una herramienta nueva no la abandonamos”.⁶² El uso de estos distintos programas de diseño que permiten operar y controlar múltiples variables, hace que el

⁶² Lynn, Greg., “No me interesa la arquitectura como servicio”, reportaje de Anaxu Zabalbeascoa, 15/09/2007, www.notiarquitectura.wordpress.com/category/lynn, consultado el 23/10/2010.

objeto mute proponiendo infinitas alternativas y perdiendo esencialmente el carácter inicial, simple y simétrico, transformándose en “verdaderos y absolutos monstruos”.

Lynn reconoce que el enfoque biológico de su casa se inspiró en los trabajos de dos especialistas: William Bateson (1861-1926) y su hijo, Gregory Bateson (1904-1980). El primero fue un biólogo inglés, reconocido como uno de los fundadores de la genética, que se define como la ciencia de la herencia y la variación. Bateson ponía en duda la selección natural darwiniana y era partidario del carácter discontinuo del cambio evolutivo, corriente que en biología se conoce como saltacionismo. Lynn cita su texto más importante, *Materials for the study of variation: treated with special regard to discontinuity in the origin of species*, de 1894, dedicado a la teratología y a la investigación sobre las monstruosidades naturales que le permitieran comprender los modos en que los organismos evolucionan.

Su punto de partida es la afirmación de que las mutaciones muestran de manera más clara la lógica de las organizaciones y que, además, las alteraciones presentan los mayores niveles de simetría. A través de una serie de ejemplos, formuló la hipótesis de que la simetría, que siempre había estado vinculado con el orden, lo natural, lo regular, era, en cambio, el resultado de la falta de información. Su hijo Gregory (1904-1980) fue un antropólogo, lingüística y especialista en cibernética, casado con la famosa antropóloga Margaret Mead. Figura de culto, propició una epistemología evolucionista e interdisciplinaria y sus investigaciones en el campo de la comunicación lo convirtieron en una figura de gran influencia en el pensamiento norteamericano de su época.

La cibernética, rama de la matemática que estudia los sistemas reguladores, está estrechamente vinculada a los sistemas de control y a la teoría de sistemas y a la comunicación. Además estudia como estos sistemas complejos, sean organismos vivos, organizaciones sociales o aún máquinas, afectan y a su vez son afectados por fenómenos contextuales. Para Bateson, la cibernética es uno de los grandes aportes que se han realizado al campo del conocimiento contemporáneo. Conceptos tales como evolución y variación, mutación y discontinuidad, simetría y asimetría, sistemas de control, sistemas reguladores y teoría de los sistemas, comunicación y contexto, presentes en diferentes párrafos de la memoria de la Casa embriológica hacen clara referencia, tal cual como lo reconoce el autor, a los desarrollos teóricos de ambos Bateson.

El último elemento importante para el proyecto de Lynn se refiere al carácter ecológico del proyecto, que considera una preocupación propia que se inscribe en el marco de un discurso dominante sobre el tema. “Los niños no rezan en la escuela sino que hablan de liberar a las ballenas”. La Casa embriológica se implanta en el terreno semienterrada, “con algunas partes que parecen volar”, generando en el solar su propio ‘nido’, “formando grietas verdes” que crean un microclima propio. El vínculo entre la vivienda y el sitio está asegurado, pues “en la computadora se puede configurar la geometría de cualquiera de las conformaciones de la casa en cualquier tipo de terreno”. Además, la casa tiene una doble piel: una interior, construida de aluminio y vidrio, que puede variar desde la transparencia a la opacidad; y otra que se

coloca sobre la primera, que sirve como elemento de oscurecimiento, un sistema de bandas, a la manera de persianas, pero tridimensional, que envuelve toda la superficie. “Tomando los datos de energía solar de cualquier región del mundo, lo ingresamos en la computadora y calculamos la incidencia de la luz y las sombras sobre la forma proyectada. Luego utilizamos esa información para definir las ondulaciones y depresiones sobre la doble piel”, a fin de “controlar la cantidad y calidad de la luz que ingresa en el interior y su incidencia térmica”.

Como se ve el carácter innovador de las ideas de Lynn van desde la concepción misma de lo qué es una vivienda contemporánea, hasta su interpretación de lo que significa el contexto y su relación con la obra. La posible variedad infinita de proyectos según los principios sustentados en este trabajo, hace que “no exista una Casa Embriológica original o ideal: cada una de sus mutaciones es perfecta. Su perfección formal no está ligada a su origen genérico primitivo, no específico, banal, sino a una combinación de sus variaciones, resultado de demandas complejas y únicas y de las similitudes permanentes entre sus semejantes”.⁶³

La presencia de elementos provenientes de la biología es evidente en el análisis realizado. A los conceptos de embrión, piel, semilla, mutación, ya mencionados, se podría agregarse la idea de acceso, concebido como un “esfínter” o “como el iris de un ojo”. Sin embargo, también resulta claro que la atención principal de Lynn está centrada en las posibilidades de los programas y medios digitales, que permitirán la generación no sólo de una nueva arquitectura sino de “un nuevo estilo de vida”. Aunque, en la Casa Embriológica “la interferencia entre sus sistemas biológicos y digitales da lugar a una casa que es como un animal, tanto en su estructura como en su comportamiento” y, como en un cuento de ciencia-ficción, “el habitante es consumido por su casa embriológica, como en una comida”.

Agua versus fuego: Watercube

En 2001, la ciudad de Beijing fue designada como sede de los XXIX Juegos Olímpicos a realizarse en 2008. Como no contaba con un estadio olímpico con una capacidad acorde al evento internacional, se realizó un llamado a concurso internacional para proveer el proyecto de este edificio. El jurado estuvo integrado por prestigiosas personalidades de la comunidad arquitectónica internacional, entre otros, Rem Koolhaas, Jean Nouvel y Dominique Perrault. Los arquitectos suizos Jacques Herzog y Pierre de Meuron resultaron ganadores y el edificio fue construido. La apariencia formal que adquiere, por la presencia de una matriz de acero exterior que lo envuelve, hizo que se lo conociera popularmente con el nombre de “Nido de Pájaro”, en la línea de asociaciones culturales que referíamos al comienzo con nuestro “rulero”. Situado frente a él y conformando un par de edificios notables, construidos y destinados los dos al desarrollo de los Juegos Olímpicos de 2008, se encuentra el Centro Nacional de Natación de Beijing.

⁶³ Lynn, G., “Embriological...”, *op. cit.*, p. 31.

“El Centro de Natación es un cubo de burbujas de agua que genera una especie de oposición dual –simbólica y formal– con el Estadio. Agua versus Fuego, Femenino versus Masculino; en la cultura china, estas tensiones y atracciones representadas en el Yin y el Yang son componentes esenciales de la vida cotidiana”. Para la construcción del Centro de Natación también fue convocado un concurso internacional. El proyecto ganador fue proyectado por el estudio australiano *PTW Architects*, en colaboración con la firma ARUP, quienes realizaron el proyecto estructural. CSCEC (*China State Construction Engineering Corporation*) se encargó de la construcción.⁶⁴ Se inauguró en 2008.

En este proyecto, las burbujas de agua, como inspiradoras de una obra de arquitectura, aparecen de manera muy directa, razón por la que se conoce al edificio como *Watercube* (Cubo de Agua). En la memoria del proyecto, sus autores afirman que, por las características del programa (un natatorio) utilizaron la “teoría de las burbujas de agua para crear tanto su estructura como su cerramiento”, poniendo en valor un elemento primordial para la vida: el agua. Queda así formulada, una analogía entre el programa, la estructura molecular de una burbuja y la estructura física y soportante del edificio. “En una ciudad interior, sin acceso a la costa como es Beijing, el agua es un bienpreciado, un símbolo de prosperidad”.

Este volumen único del edificio ha sido resuelto en la austeridad y la simpleza de un paralelepípedo regular: una planta cuadrada de 176 metros de lado evoca “la forma primitiva de la casa en la tradición y mitología chinas”. Su altura es constante; 29 metros en toda su extensión. “Toda la estructura del edificio se basa en una construcción única, ligera, que se deriva de un agregado de burbujas...”.

Entre los complejos modelos de generación geométrica que ha desarrollado la ciencia actual, este proyecto utilizó la geometría de Weaire-Phelan, pero adaptando y simplificando sus complejos y novedosos esquemas formales. Hace sólo veinte años, en 1993, Denis Weaire y Robert Phelan (dos científicos del Trinity College de Dublin) dieron “respuesta matemática a fenómenos que ocurren en la naturaleza, [específicamente] en las agrupaciones de burbujas de jabón”. Weaire y Phelan pusieron en evidencia la estructura de las burbujas, al descubrir y explicitar que están compuestas por dos tipos de celdas diferentes que se repiten indefinidamente: un dodecaedro pentagonal irregular y un tetracaidecaedro con dos hexágonos y doce pentágonos, que puestos en contacto, conforman una unidad interconectada mayor. Pero es importante mencionar aquí, que estos avances científicos, producidos hacia finales del siglo pasado, plantean una continuidad con la obra del científico belga Joseph Plateau (1801-1883), quien en el siglo XIX ya había observado y explicitado la naturaleza y el comportamiento de los líquidos.

La estructura del edificio está compuesta –en su totalidad– por un doble marco de acero, concebido según esa geometría compleja. Muros y techo construidos a partir de

⁶⁴ La memoria del proyecto ha sido extraída de “Watercube”, AA. VV., *VerbNatures*, Barcelona, Actar boogazine, 2006, p. 66 y ss. Esta obra ha sido publicada en numerosas revistas de arquitectura, por ejemplo *Arquitectura Viva*, Nº 109/110, 2004 y Nº 118/119, 2008; *L’Architecture d’Aujourd’hui*, Nº 369, 2007; A+V, Nº 412, 2005; en el medio local *Revista Distrito 2*, Nº 62, 2008, entre otras.

la articulación de nodos y conectores de acero que reproducen en un tamaño mucho mayor, la estructura geométrica de las burbujas. Al mismo tiempo, la piel que envuelve el edificio está ideada utilizando esta misma geometría descrita por Weaire y Phelan, intentando en la analogía establecida entre edificio y burbujas de agua, “simbolizar una condición de la naturaleza transformada en condición cultural”. Sobre aquellos dos grandes marcos estructurales de acero se desplegaron 100.000 m² de esta piel, materializada a partir de la utilización de un novedoso material: el etileno-tetrafluoretileno (EFTE), un polímero de plástico ligero. Una geometría de alta complejidad y de explicitación reciente es materializada (en este proyecto) a partir de la utilización de un material sorprendente y novedoso. Esta incorporación del EFTE, como recubrimiento total de la estructura, plantea una diversidad amplísima de posibilidades técnicas, que incluyen la ampliación de la capacidad sostenible del edificio, fundamentalmente en lo que se refiere al ahorro energético.

Esta piel tiene un pequeñísimo espesor (8 por mil de pulgada en total) y alcanza una permeabilidad a la luz y al calor muy superior a la de los cristales tradicionales. Este recubrimiento exterior, formado por cojines de ETFE, aseguran un control de la iluminación, de la radiación solar y de la temperatura interior, concretando un “organismo que no divide funciones horizontales y verticales; la estructura y la piel son una misma cosa [creando] una atmósfera surrealista de sumergimiento, con una luz filtrada y ondulante, como si estuviéramos buceando en un gran arrecife”⁶⁵

Es evidente que la integración de elementos de raíz biológica en el diseño asegura, entre otras cosas, la materialización de un edificio donde las preocupaciones por el medio ambiente y la consideración de los temas energéticos ocupan un lugar esencial.

El proyecto ha sido concebido para que exista una completa transparencia entre el interior y el exterior. Esta condición, que utiliza los beneficios del efecto invernadero y que además es potenciada por la propia capacidad de alta permeabilidad del EFTE, permite un alto grado de optimización del consumo energético. Los requerimientos de iluminación natural y de acondicionamiento del clima interior del edificio quedan ampliamente reducidos, estableciendo un ahorro de energía que llega hasta el 30%. Se produce en el proyecto del Cubo de Agua una sorprendente articulación de saberes y descubrimientos de reciente generación: la compleja geometría de Weaire y Phelan, la incorporación del polímero plástico (EFTE) y la implementación de programas digitales sofisticados, tanto en la concepción del proyecto, como en la resolución de la estructura y en la traslación de los esquemas geométricos abstractos aportados por la ciencia dura a formas arquitectónicas construibles.

Es habitual en Chris Bosse (integrante del equipo de diseño del Cubo de Agua y su cara más visible) la exploración, mediante el uso de programas informáticos sofisticados de las geometrías presentes en elementos de la naturaleza, tales como los copos de nieve, las pompas de jabón y las telas de araña, analizando sus estructuras desde el punto de vista de su belleza y eficiencia. En el caso del Cubo de Agua, los resultados de sus búsquedas han sido implementados de manera radical. Aunque el tema de las burbujas como geometría posible de ser utilizada como

⁶⁵ Bosse, Chris, en AA. VV., *VerbNatures*, *op. cit.* p.70.

analogía en la ideación de edificios, ya había sido previamente explorado por él en otros proyectos, como el caso de la torre *Bubble-Highrise* (2002) para la ciudad de Berlín. Allí, un entramado de burbujas de diferentes tamaños crea una malla estructural externa, logrando un espacio interno totalmente libre, donde, nuevamente, estructura y cerramiento forman una unidad indisoluble. "Es como poner las esferas en un acuario y agitar hasta que alcanzan su máxima densidad".⁶⁶

Cierre: prácticas analógicas

En los ejemplos analizados anteriormente aparece con evidencia, los distintos niveles en los que puede actuar la analogía biológica. Los vínculos pueden plantearse: desde el simple parentesco visual, ejemplificado en el primer caso del proyecto para la *Kunsthhaus* de Graz, hasta las complejas combinaciones de conceptos como los de evolución y mutación, presentes en el proyecto de Lynn para la Casa Embriológica. Y, si bien, pareciera que este último tipo de propuestas, es donde las prácticas analógicas resultan más productivas, se puede observar que, en muchos casos y en un mismo proyecto, se combinan analogías de diferentes niveles: formal, estructural o de principios.

Como fue dicho, la atracción que ejercen sobre los arquitectos los sistemas naturales, tiene una larga tradición. Por ejemplo, la "bioinspiración", que muchos remiten a personajes como Gaudí o Frei Otto, donde la naturaleza era la fuente de referencia para la construcción de estructuras sustentantes eficientes. O, en de las últimas décadas, las de arquitectos americanos como el mexicano Javier Senosian, creando en sus obras espacios que buscan expresar el ser biológico, en función de lo que ha denominado "bioarquitectura".

Pero hoy, se ha ampliado notablemente este campo proyectual, particularmente por las posibilidades de los medios informáticos. Los aportes que los mecanismos computacionales ofrecen, al promover la imitación de los procesos naturales, tales como la computación evolutiva o los autómatas celulares, están abriendo caminos para la experimentación; caminos que están en una etapa inicial y promisoriosa y que se prestan, obviamente, a múltiples críticas. Para muchos, es posible calificar la utilización de estos medios como autorreferenciales, frívolos, confusos o creativamente falsos.

Sin embargo, "cuando la producción se entiende como un hacer frente a una cuestión, buscar oportunidades o imaginar un futuro especulativo y contradictorio, la investigación conceptual de una solución se convierte en aplicable. Los aportes conceptuales, interpretativos y subjetivos son siempre necesarios es el diseño arquitectónico y en muchas situaciones deben ser evaluados como los hechos más valiosos de la profesión".⁶⁷

⁶⁶ Bosse, Chris., <http://www.chrisbosse.de>, consultado el 02/08/2010.

⁶⁷ Roudavski, S., *op. cit.*, p. 359.

En los procesos analizados, aún en los más sofisticados como en los de la Casa Embriológica, pareciera que estas organizaciones carecen de la suficiente flexibilidad como para poder adaptarse y modificarse frente a condicionantes externos que cambian permanentemente. Pero sin duda la creación de ámbitos cada vez propicios para la creatividad, que permitan, a través de simulaciones en tiempo real, concebir, evaluar, combinar y controlar procesos dinámicos de generación con múltiples variables, darán como resultado objetos que se adapten a situaciones locales particulares y resulten más eficientes, tanto constructivamente como desde el punto de vista ecológico o ambiental.

Las investigaciones y los desarrollos descritos ya tienen una influencia decisiva, tanto en la concepción de la idea de arquitectura como en las prácticas profesionales; y obviamente producen una inflexión y una transformación de los sistemas de la enseñanza de la disciplina, que seguramente se acentuará en los próximos años de manera vertiginosa.

Bibliografía

- AA. VV., *VerbNatures*, Barcelona, Actar boogazine, 2006.
- BENYUS, Janine, *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*, New York, Ed. Harper Collins, 1997.
- BOSSE, Chris., <http://www.chrisbosse.de>, consultado el 02/08/2010.
- CABARROU, Nanette (ed.), *Revista de Arquitectura. Trazos II*, N° 249, Sociedad Central de Arquitectos, Mayo 2013.
- COLLINS, Peter, *Los ideales de la arquitectura moderna; su evolución (1750-1950)*, Barcelona, G. Gili, 1977. (1º ed.: London, 1965).
- CHUPIN, Jean-Pierre, *Analogie et Théorie en architecture*, Infolio Ed., Gollion, 2010.
- DOLLENS, Denis, *D2A: Digital to analog*, New Mexico, Lumen, 2001. Ed. española, *De lo digital a lo analógico*, Barcelona, G. Gili, 2002.
- DOLLENS, Denis, "Architecture as Nature: A Biodigital Hypothesis", *Leonardo*, Vol. 42, N° 5, Octubre 2009, pp. 412-420.
- EISENMAN, Peter, "Memoria para el Biocentro de la Universidad de Frankfurt", *Arquitectura*, N° 270, Revista del Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid, Madrid, Enero-Febrero 1988.
- ESTEVEZ, Alberto, *Arquitecturas genéticas*, Barcelona, ESARQ-UIC, 2003.
- FOURNIER, Colin, "Memoria para el concurso" (Fragmento), <http://www.virose.pt/arch/clusters/walls/walls02.html>, consultado el 10/03/2010.
- FOURNIER, Colin, <http://noticias.arq.com.mx/Detalles/6041.html>, consultado el 22/03/2010.
- GARCIA, Mark (ed.), *AD Patterns in Architecture*, Vol. 79, N° 6, Noviembre-Diciembre 2009.
- GIMÉNEZ, C. G., MIRÁS, M., VALENTINO, J., *La arquitectura cómplice*, Buenos Aires, nobuKo, 2011.
- GINZBURG, Moïseï, *Le Style et l'Époque. Problèmes de l'Architecture Moderne*, Liège y Bruxelles, Pierre Mardaga Edit., 1982. (1º Ed.: Moscú, 1924).
- GRENET, Paul, *Les origines de l'analogie philosophique dans les dialogues de Platon*, Paris, Boivin & Cie, 1948.
- HENSEL, M., MENGES, A. y WEISTOCK, M., *Emergence: Morphogenetic Design Strategies*, Wiley, London, 2004.
- HENSEL, M., MENGES, A. y WEISTOCK, M., *Emergent Technologies and Design. Towards a biological paradigm for architecture*, Abingdon y New York, Routledge, 2010.
- HECHT, Romy (ed.) *MARQ 04. Fabricación y tecnología digital*, Santiago de Chile, Facultad de Arquitectura, Diseño y Estudios Urbanos, Pontificia Universidad Católica de Chile, 2008.
- KOLAREVIC, Branco, *Architecture in the Digital Age: Design and Manufacturing*, London y New York, Spon Press, 2003.

- KRAUEL, Jacobo (ed.), *Arquitectura digital: innovación y diseño*, Barcelona, C. Broto i Comerma, 2010.
- LE CORBUSIER, *Hacia una arquitectura*, Barcelona, Ed. Apóstrofe, 1998, p. 73. (1º Ed.: París, 1923).
- LIM, Joseph, *Bio-structural. Analogues in Architecture*, Amsterdam, BisPublishers, 2011.
- LYNN, Greg, "Memoria de la Casa Embriológica", www.artbyte.com/mag/nov_dec_00lynn_content.shtml, consultado el 10/10/2010.
- MASSAD, Fredy y GUERRERO YESTE, Alicia, "Arquitectura en la era de la Revolución Digital", en MASSAD, F. y GUERRERO YESTE, A. (eds), *Experimenta*, 45, Madrid, 2003.
- MENGES, A. y AHLQUIST, S., *Computational Design Thinking*, Chichester, John Wiley & Sons, 2011.
- MORAVÁNSZKY, Á. y FISCHER, O. (eds.), *Precisions*, Berlin, Jovis Verlag GmbH, 2008.
- OXMAN, R. y OXMAN, R. (eds.), *AD The New Structuralism*, Vol. 80, Nº 4, Julio-Agosto 2010.
- PICON, Antoine, "Architecture and the Virtual. Towards a New Materiality", *Praxis 6*, 2004, pp. 114-121.
- PICON, Antoine, *Digital Culture in Architecture*, Basel, Birkhäuser, 2010.
- PRESTINENZA PUGLISI, Luigi (ed.), *AD Theoretical Meltdown*, Vol. 79, Nº 1, Enero-Febrero 2009.
- RAHIM, Alí (ed.), *AD Contemporary Processes in Architecture*, Vol. 70, Nº 3, Junio 2000.
- ROUDAVSKI, Stanislav, "Towards Morphogenesis in Architecture", *International Journal of Architecture Computing*, Nº 03, Vol. 7, 2009, pp. 345-374.
- ROUKES, Nicholas, *Art Synectics*, Worcester, Davis Pub, 1982.
- SACCHI, L. y UNALI, M., *Architettura e cultura digitale*, Milano, Skira, 2003.
- SARQUIS, Jorge, *Coloquio: teoría de la arquitectura y teoría del proyecto*, Buenos Aires, nobuKo, 2003.
- SPILLER, N. y ARMSTRONG, R., (eds.), *AD Protocell Architecture*, Vol. 81, Nº 2, Marzo-Abril 2011.
- SPUYBROEK, Lars, *The Architecture of Variation*, London, Thames & Hudson, 2009.
- STEADMAN, Philip, *The Evolution of Designs. Biological analogy in architecture and the applied arts*, Cambridge, Cambridge University Press, 1979.
- STEELE, James, *Arquitectura y revolución digital*, Barcelona, G. Gili, 2001.

- **Los autores**

Los autores dirigen e integran el proyecto UBACyT 2013-16 N° 136: "Analogía biológica y teoría arquitectónica contemporánea", y publicaron el libro La arquitectura cómplice (2011).

Carlos Gustavo Giménez es arquitecto. Profesor de Historia y Teoría de la Arquitectura en la FADU (UBA). Es autor de "Alejo Martínez. La experiencia moderna en la Argentina" y de numerosos artículos en revistas profesionales. Actualmente participa como investigador de un Proyecto Ubacyt.

Marta Mirás es Doctora (UBA) y arquitecta (FAU). Especialista en Historia y en Diseño y Planificación del Paisaje. Es profesora adjunta de Historia y de Teoría. Dirige proyectos acreditados y tesis. Ha dictado seminarios de posgrado nacionales e internacionales. Es autora de libros, capítulos y distintos artículos.

Julio Valentino (Arquitecto FAU UBA) es Profesor Titular de Historia y Teoría de la Arquitectura (FADU-UBA) y de Conocimiento Proyectual (CBC-UBA). Realizó cursos de especialización sobre Historia de la Arquitectura en el IUAV de Venecia. Ha dictado cursos de posgrado y escrito numerosos artículos.