

---

## **Arquitectura + Biología. Un glosario posible**

**Giménez, Carlos Gustavo; Mirás, Marta; Valentino, Julio**

[cat.gimenez@fadu.uba.ar](mailto:cat.gimenez@fadu.uba.ar); [drammiras@gmail.com](mailto:drammiras@gmail.com);

[jvalentino010@gmail.com](mailto:jvalentino010@gmail.com)

Universidad de Buenos Aires. Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo. Cátedra de Teoría de la Arquitectura Giménez-Valentino. Buenos Aires. Argentina

Línea Temática 1. Palabras, campo, marco

(Conceptos y términos en la definición teórica de las investigaciones)

### **Palabras clave**

Analogía biológica, Biomímesis, Morfogénesis, Arquibiótico, Arquitectura Viva

### **Resumen**

Este trabajo propone la elaboración de un glosario conformado por el corpus de palabras claves que se reiteran habitualmente como tales en la continuidad de nuestros proyectos de investigación y que establecen en parte, un acercamiento a su motivo primordial.

Desde el inicio de la Cátedra Valentino (Arquitectura-FADU-UBA) en 2003, desarrollamos como parte de la práctica docente una fecunda, constante y prolongada tarea de investigación que se manifestó en un conjunto de presentaciones a jornadas y encuentros científicos, la publicación de numerosos artículos y la edición de tres libros.

El trabajo se orientó desde sus comienzos a la verificación de ciertas hipótesis referidas a la condición de la teoría de la arquitectura contemporánea. Una de ellas sostiene la consideración de las memorias descriptivas de proyectos de arquitectura recientes como uno de los formatos más frecuentes para la formulación y divulgación de la teoría actual. Desde los primeros

análisis y los posteriores escritos que realizamos quedó manifestada la presencia de lo transdisciplinar, como la recurrencia y apropiación de saberes ajenos al campo arquitectónico para ser utilizados como herramienta para la detonación de procesos de diseño.

Si bien en una primera etapa la verificación de lo transdisciplinar no estuvo circunscripta a alguna rama específica del conocimiento, con el correr de los años se fue definiendo en una reiterada apelación a las Ciencias Biológicas y aquí surgieron algunas palabras claves de frecuente aparición en los trabajos: Analogía Biológica, Biomímesis y Morfogénesis.

Alrededor de 2014 nuestro trabajo de investigación nos llevó al conocimiento de la obra del arquitecto belga Vincent Callebaut. En sus proyectos, Callebaut realiza una interesante articulación entre arquitectura y biología. Así se sumaron otras palabras esenciales: Arquibiótico y un poco después, Arquitectura Viva.

Entendemos que el glosario será un instrumento sumamente apto para realizar la transferencia de los resultados de nuestros trabajos, a los numerosos estudiantes que participan de las actividades de nuestros cursos en los talleres de la FADU.

## **Introducción**

La Cátedra de Teoría de la Arquitectura Valentino (Arquitectura-FADU-UBA) se inició en 2003. A partir de entonces, sus integrantes desarrollamos como complemento de la práctica docente una fecunda, constante y prolongada tarea de investigación que se manifestó en un conjunto de presentaciones a jornadas y encuentros científicos, la publicación de numerosos artículos y la edición de tres libros.

La condición de la teoría de la arquitectura contemporánea fue el centro de nuestras preocupaciones y la consideración de las memorias descriptivas de proyectos de arquitectura recientes como uno de los formatos más frecuentes para la formulación y divulgación de la teoría actual fue una de nuestras hipótesis centrales.

La importancia de lo transdisciplinar quedó manifestada desde los primeros análisis y los posteriores escritos que realizamos, como la recurrencia y

apropiación de saberes ajenos al campo arquitectónico para ser utilizados en éste, como herramienta para la detonación de procesos de diseño.

Desde entonces, aparecía con claridad que las fronteras establecidas entre los distintos campos de los saberes habían estallado. En la actualidad, los límites disciplinares se han disuelto y la distancia a la que los proyectistas lanzan su mirada en busca de elementos que puedan disparar sus ideas, se ha extendido hasta la lejanía infinita del horizonte de todo lo conocido. En la arquitectura del siglo XXI, los referentes seleccionados para funcionar como detonantes del acto proyectual -a través de la dinámica del pensamiento analógico- no reconocen ninguna cualidad de pertenencia común a sistema alguno.

En la novedosa fertilidad creativa de esta heterogeneidad es que es posible reconocer analogías entre los objetos arquitectónicos y cuestiones provenientes de las más distantes –hasta hoy– regiones del conocimiento.

Cualquier combinatoria es posible: radares, huellas, pixeles, ángeles protectores sobre Berlín, circuitos, la práctica psicoanalítica, la grafía de un vocablo, partituras musicales, la cadena de ADN, eventos, la textura del muaré y personalidades como Benjamin, Barthes, Borges, Deleuze, Derrida, Foucault, Lacan, Schönberg, se reiteran como soporte explicativo de las cualidades proyectuales de las obras, al tiempo que definen el marco conceptual que las produce.

Sin embargo, con el correr de los años se fue definiendo una reiterada apelación a las Ciencias Biológicas y aquí surgieron algunas palabras claves de frecuente aparición en los trabajos: Analogía Biológica, Biomímesis y Morfogénesis.

Alrededor de 2014 nuestro trabajo de investigación nos llevó al conocimiento de la obra de Vincent Callebaut. En sus proyectos, realiza una interesante articulación entre arquitectura y biología. Así se sumaron otras palabras esenciales: Arquibiótico y un poco después, Arquitectura Viva.

Este glosario intenta explicitar de manera concisa y directa el conjunto de nuestras palabras claves primordiales. Su utilización por los numerosos estudiantes que participan de las actividades de nuestros cursos en los talleres de la FADU lo convertirá en una herramienta de transferencia de los resultados esenciales de nuestros trabajos.

### **Analogía Biológica**

Según el Diccionario RAE, analogía viene del latín analogia, y éste del griego ἀναλογία, que significa proporción, semejanza. La palabra griega refiere a elementos similares encontrados en cosas diferentes.

Por extensión, el término analogía se refiere a 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.

Según el filósofo P. 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 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. Grenet, (1948): 27.

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.

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 implica la utilización de una serie de modelos, llamados justamente 'analógicos', que permiten establecer las características del futuro objeto a través de este conjunto de imágenes que constituyen su antecedente.

En el segundo caso, el campo es mucho más amplio. Se pueden establecer distinciones, por ejemplo, entre analogías formales y analogías conceptuales.

N. Roukes, al valorar el pensamiento analógico por su capacidad creativa, diferencia las analogías que llama "lógicas", que pueden ser "visuales", de otras que son "estructurales" o "funcionales". Roukes, (1982): 2 y ss.

En el primer nivel, el de las analogías visuales o formales, el vínculo se basa exclusivamente en la imagen sin ningún tipo de reflexión que la sustente.

En cambio, las analogías estructurales implican la definición de un esquema abstracto que permita la generalización. Por ejemplo, la analogía que asocia el sistema de distribución de la savia en un árbol similar con el circulatorio del cuerpo humano, criterio que puede trasladarse a una organización arquitectónica que puede denominarse "ramificada".

Las analogías también pueden clasificarse según su referencia en conceptos, leyes y principios generales que, vinculados con algún saber o disciplina, se equiparan con los de otro, proponiendo asociaciones amplísimas.

El escrito de P. Eisenman para presentar su proyecto del Biocentro de la Universidad de Frankfurt (1987), resulta ejemplar de la posible apropiación de saberes relativos a la Biología, para ser utilizados en procesos arquitectónicos.

En su relato establece de qué manera las formas y conceptos que los científicos utilizaron para explicar los procesos del ADN son funcionales a la creación arquitectónica, estableciendo una complicidad entre programa de necesidades y formas arquitectónicas.

Pero, volviendo a Roukes, además de las analogías lógicas, 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.

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.

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 de saberes. Este vínculo ha implicado referencias que van desde las formales a los mundos animal o vegetal, hasta la recurrencia a modelos más avanzados de la genética y de otros estudios científicos actuales.

La influencia de la biología en las ideas arquitectónicas puede rastrearse analizando textos que proponen diversas interpretaciones.

Uno de los libros pioneros es la obra del teórico inglés P. Collins, *Los ideales de la arquitectura moderna; su evolución (1750 - 1950)* (1977). Dedicó cuatro capítulos al tema de la analogía, aunque sin presentar una definición precisa del concepto. El mismo es utilizado para mostrar su uso por parte de los teóricos de la arquitectura moderna para explicar y justificar el funcionalismo, entendido como superación de la arquitectura ecléctica y para la búsqueda de un nuevo lenguaje.

Tal vez el texto más completo sobre el tema es el libro de P. Steadman, *The Evolution of Designs. Biological analogy in architecture and the applied arts* (1979/2008). Historiando el vínculo entre analogía y diseño desde el siglo XVII, reconoce que han surgido actualmente importantes novedades en la evolución científica y cultural. 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.

## **Morfogénesis**

El término morfogénesis (del griego ‘*morphê*’: forma y ‘*genesis*’: creación), proviene de la biología. Esta denominación y las primeras investigaciones sobre el tema fueron realizadas por el naturalista de origen escocés D’arcy Wentworth Thompson y publicadas en su libro: *On growth and form*, en 1917. En estos estudios se buscaba detectar los patrones de las formas naturales para expresarlos en fórmulas matemáticas. En biología, el término es usado con distintos sentidos y adopta múltiples formas para analizar tanto la organización total de un organismo, como la estructura o matriz de cada célula que lo compone o la capacidad de las células para crear tejidos. Además, la

morfogénesis 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. Hoy también se aplica en diferentes campos y con diversas interpretaciones: desde la geología, la ingeniería, la medicina, la cristalografía, hasta el arte y la arquitectura.

En el campo disciplinar, los procesos de la biología aparecen particularmente como el ámbito más importante en la búsqueda de inspiración, ya que la naturaleza opera a través de una lógica donde la eficiencia, el rendimiento, la optimización de recursos y medios es consustancial. En este contexto se puede observar que, en el ámbito arquitectónico, el valor de la novedad formal y de las cualidades estéticas que habían caracterizado numerosas búsquedas en los últimos años, da lugar ahora a una preocupación por la lógica estructural, el uso racional de los materiales, la eficiencia desde el punto de vista energético y, en síntesis, la preservación de los recursos del planeta. Hoy, el acento está puesto “en el rendimiento material por sobre la apariencia, y en los procesos antes que en la representación”. Leach, (2009): 32.

Ante el propósito esencial de optimizar la forma del edificio, la morfogénesis es una herramienta útil al proyecto ya que:

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

Por otra parte, es necesario aclarar que, en el diseño arquitectónico, el término morfogénesis está asociado habitualmente a lo digital –morfogénesis digital– e implica la utilización de los medios digitales como una herramienta que permite la generación de formas, sus posibles transformaciones y la valoración de los resultados. En este sentido, esta nueva perspectiva supera la etapa de la consideración de lo digital como mero medio de representación.

En muchos discursos recientes sobre el tema, la morfogénesis digital también se vincula a

una serie de conceptos como emergencia, auto-organización y 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. Hensel, Menges, Weinstock, (2004): 12.

La emergencia es tanto una explicación de cómo los sistemas naturales se han desarrollado y mantenido a sí mismos, como un conjunto de modelos y procesos para la creación de sistemas artificiales que se diseñan para producir

formas y procedimientos complejos. De todos modos, es un concepto ambiguo y tiene varias interpretaciones. Los procesos y las técnicas de la emergencia tienen una importante base matemática y se utiliza en el análisis y la producción de formas o procedimientos complejos, donde son esenciales las ideas de adaptabilidad, evolución y crecimiento.

Estas experiencias se enmarcan en lo que hoy se denomina las ciencias ambientales; es decir, prácticas que ya han adquirido un status científico. Sin embargo, pareciera que deben ser observadas desde una perspectiva novedosa en relación con lo que entendemos hoy por ciencia. Esta ya no aparece 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 “creación de un mundo de artefactos y fenómenos que no pueden considerarse como ‘naturales’”. Picón, (2008) 73. Es decir, con la invención de “híbridos” entre lo natural y lo artificial. A partir de este enfoque, la ciencia ya no es esencialmente descubrimiento sino construcción del mundo material. De allí la denominación que algunos autores plantean para esta situación actual, que estaría regida por lo que definen como el paradigma de la “nueva materialidad”, o también el “paradigma morfogénico”.

Proyectos y obras se están conformando por un conjunto muy amplio y diverso de discursos donde es central la referencia a la naturaleza, poniendo en valor su adaptabilidad y condiciones formales, utilizándolas y haciéndolas visibles en las obras arquitectónicas. En esta línea de exploración se encuentra el denominado *Watercube* (Beijing, China, 2008) realizado por PTW Architects, ARUP Australia y CSCEC. En él, sus proyectistas plantean que, inspirándose en la “teoría de las burbujas” ponen en valor un elemento primordial para la vida: el agua, formulando una analogía entre la estructura molecular de una burbuja de espuma y la estructura física y soportante del edificio.

Otras propuestas que expresan con contundencia el paradigma morfogénico son: la denominada Casa embriológica (*Embryological House*, 2000) de G. Lynn y, desde otro alcance y diversidad programática, el Centro del Arte y de la Música, (Jväskylä, Finlandia, 2004) realizado por Ocean North. En la primera su autor parte de un enfoque biológico para componer una nueva perspectiva para el diseño de una vivienda, la que, a partir de un elemento que llama “semilla” éste crece y se desarrolla permitiendo múltiples variantes de viviendas. En el Centro del Arte y de la Música sus autores refieren que para el crecimiento diferenciado de las distintas partes aplican el concepto de “morfogénesis” que implica definir una la lógica de crecimiento en función de los tejidos vivos de la naturaleza. Ocean North aplica el esquema del proceso iterativo conocido como *botton-up* para lograr uno de sus principales propósitos: la innovación. Expresan sus autores que a través de la diferenciación de los tejidos vivos se consigue un mayor rendimiento de la forma coherente y cinética y nuevas relaciones geométricas, materiales, espaciales y ambientales.

## Biomímesis

Este concepto que proviene de *bio*: vida y *mímesis*: imitar, también conocido como biomimetismo o biomimética, es una rama científica interdisciplinar que propone un acercamiento al estudio de los procesos de la naturaleza como fuente de inspiración. Estos estudios permiten, a través de la aplicación de la tecnología disponible, obtener resultados con un alto compromiso con el medio ambiente. El término se aplica a diferentes campos de la ciencia, desde la nanotecnología a la robótica, la inteligencia artificial y las industrias medicinales. El concepto de biomímesis tiene un fuerte anclaje en la teoría de la evolución y la selección natural darwiniana, ya que parte de la idea de que los organismos se desarrollan en el tiempo, modificándose y adaptándose a nuevas situaciones del entorno sin que, en la mayoría de los casos, su continuidad se interrumpa. Los cambios o mutaciones exitosas que sufren los individuos, es decir, que han sobrevivido a la selección natural, conforman seres vivos que poseen una relación ventajosa con las condiciones ambientales en las que se desenvuelven. Es decir, la naturaleza, por más de 400 millones de años viene desarrollando sistemas optimizados, mecanismos centrados en la sustentabilidad.

La biomímesis tiene también distintos enfoques o puntos de vista. Se presupone que el término fue acuñado por el ingeniero y biofísico estadounidense Otto Shmitt planteando la posible relación entre naturaleza, ciencia e ingeniería. Algunos años después, el concepto se incluye en el diccionario Webster, donde aparece acentuada la idea operativa de la biomimética.

El objetivo de los estudios es la obtención de productos artificiales a través de la imitación tanto de las formas como de los procesos naturales. Otro pionero en el acercamiento entre diseño y naturaleza fue el arquitecto y teórico norteamericano Buckminster Fuller, con sus experiencias con las cúpulas geodésicas, derivadas de los estudios de los panales de abejas. Fuller introduce además el concepto de tensegridad, término formado por la contracción de las palabras integridad tensional (*tensional integrity*). Se aplica a estructuras en equilibrio estable que están formadas por elementos de compresión (habitualmente barras) y elementos que soportan tracción (cables) y que le otorgan al conjunto rigidez y economía de materiales.

Los puntos de vista que hemos mencionado cambian de modo singular en la mirada de la bióloga Janine Benyus, considerada en la actualidad como una de las principales expertas sobre el tema, que ha explicitado en libros, conferencias, exposiciones y son particularmente evidentes en su primer texto *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature* de 1997. Esta autora propicia un acercamiento directo a la naturaleza, relativizando la importancia de los enfoques artificiales o los puntos de vista computacionales. La bióloga aboga por el reconocimiento de la superioridad que es inherente a la naturaleza, a la que debe mirarse como modelo, medida y mentora de las cosas. En una clara

actitud crítica frente a la sociedad hiper industrializada, afirma que el *Homo industrialis* ha alcanzado en la actualidad todos los límites que la naturaleza puede tolerar. Por lo tanto, en contraste con la revolución industrial, debe producirse ahora una revolución biomimética. Una transformación que permita innovar a partir de las enseñanzas de los seres vivos, que han ido evolucionando y mejorando su performance a lo largo de millones de años. La bióloga dedica un párrafo especial a los diseñadores: estos deben aprender e inspirarse en los organismos y los sistemas naturales, que deben convertirse en los verdaderos profesores, las verdaderas fuentes de enseñanza para poder lograr un mundo sustentable.

Para Benyus, el biomimetismo se sostiene a partir de "...nueve leyes básicas: 1. La naturaleza opera con la luz del sol; 2. La naturaleza sólo utiliza la energía necesaria; 3. La naturaleza articula la forma con la función; 4. La naturaleza recicla todo; 5. La naturaleza premia la cooperación; 6. La naturaleza trabaja sobre la diversidad; 7. La naturaleza requiere de conocimientos locales; 8. La naturaleza frena los propios excesos; 9. La naturaleza explota el poder de los límites". Benyus, (1997): 8). De los principios enumerados, adquieren especial relevancia en sus investigaciones aquellos aspectos cuantificables referidos al rendimiento de las técnicas naturales, con el fin de conseguir diseños ecológicamente sustentables. Desde su propio trabajo profesional, considera que aplicar las lecciones de la naturaleza en nuevas tecnologías facilita soluciones sostenibles para la comunidad. Para la biomímesis es central la cuantificación de parámetros a fin de lograr la eficiencia. Pero esta estrategia debe ser siempre particular, específica de cada ecosistema y, por lo tanto, diferente para cada proyecto.

Según nuestras investigaciones las últimas realizaciones que siguen criterios biomiméticos presentan una diversidad tal que, tomando en cuenta las escalas de intervención, pueden diferenciarse las siguientes categorías, planteadas por Giménez, Mirás, Valentino (2016).

1. Megaestructuras autosuficientes que producen recursos para el propio consumo (energía, reciclado de aguas y detritos, producción de alimentos);
2. Megaestructuras de influencia ampliada, porque además distribuyen sus excedentes de producción de servicios sobre el territorio vecino;
3. Proyectos de intervención sobre ciudades existentes que intentan sanear su condición ambiental;
4. Proyectos urbanos de nueva fundación, que plantean analogías biológicas con el propósito de generar una condición ambiental armónica.

En otra escala, distintos proyectos urbanos apelan en sus diseños a la biomímesis buscando repuestas ecológicas aplicables en distintos territorios. Como ejemplo, dos proyectos del grupo HOK en sociedad con el *Biomimicry Guild* (de Benyus y Danya Baumeister), uno situado en la región de Lavasa (India) y el otro en Langfang (China). HOK encara sus trabajos con abordajes esencialmente pluridisciplinarios y los desarrolla en sus distintas sedes a través de unidades de investigación alternativas. Por último, también resulta indicativo

de estas posiciones el proyecto de la ciudad de Masdar del estudio Foster+Partners. Es conocido el aporte al diseño de procesos y sistemas medioambientales de esta oficina, dentro de la cual se formó en 1997 el *Specialist Modelling Group* (SMG) abocado en particular a la investigación y desarrollo de diseños ecológicos a través del estudio de geometrías no euclidianas, diseño paramétrico y simulaciones ambientales.

### **Arquibiótico**

El término fue creado en 2008 por Vincent Callebaut, uno de los principales representantes actuales de una arquitectura vinculada con los procesos biológicos.

El vocablo es un acrónimo de: **ARQUI**tectura + **BIO**tecnologías + **Tec**nologías de la **Inf**ormación y la **CO**municación y expresa la intención de crear una arquitectura de raíz biológica, orgánica, que haga posible un urbanismo ecológico y sustentable.

Callebaut desarrolla en sus trabajos una arquitectura que se inspira en: El biomorfismo implica la inspiración en las formas naturales. Algunos ejemplos utilizados en sus proyectos son: las aletas verticales del águila de las estepas, la forma espiralada e hidrodinámica del nautilo o la ventilación natural de los termióteros.

La biónica retoma las estrategias presentes en los procesos naturales y en los organismos vivos para la fabricación de materiales. Por ejemplo, la capacidad estructural y la plasticidad de las hojas del nenúfar, la estructura de las colmenas o las alas de las libélulas.

El biomimetismo es diseñar a partir de la imitación de estrategias probadas en el mundo natural. Callebaut se centra en el análisis de los ecosistemas naturales, intentando reproducir el conjunto de interacciones entre estos organismos de la biósfera, adaptándolos a soluciones sustentables. Por ejemplo, los intercambios que se producen en un bosque tropical a fin de utilizar los desechos como recursos, las estrategias de diversificación y cooperación o la reducción en el uso de materiales a su mínima expresión. Utilizando tecnologías informáticas y de la comunicación, Callebaut propone edificios y ciudades inteligentes, hiper conectadas, una interfaz que racionalice el consumo a través de la desmaterialización y la reducción del movimiento. Según el autor, la integración de estos tipos de tecnologías está produciendo una tercera revolución industrial, en la que las ciudades que se comportan de manera biomimética, como ecosistemas maduros en los que nada se pierde, todo se recicla y transforma.

En más de 50 proyectos, Callebaut expone la posible concreción de sus ideas con soluciones que implican reinventar los modos de vidas en ciudades que respeten los ciclos de la naturaleza. Muchas de sus propuestas son el resultado de un impulso personal ante la necesidad de generar proyectos para

poder reflexionar sobre el futuro de la disciplina y la permanencia sostenible del hombre sobre la Tierra.

Frente a las problemáticas de las urbes actuales, “energívoras”, Callebaut propone un nuevo modelo de ciudades “pos-carbono” que deberán ser:

- duraderas, donde se integren, readapten los edificios existentes con otros nuevos, con emisión de carbono 0 y autosuficientes energéticamente o con energía positiva (denominados edificios BEPOS, acrónimo en francés de Edificios Colaboradores con Potencia y Energía Optimizadas), que producen más energía que la que consumen y a través de redes organizan sistemas para intercambiar en tiempo real los excedentes no utilizados;
- capaces de convertir los residuos que producen y la contaminación en energía renovable, a través de nuevas tecnologías;
- densas y verticales, para evitar la ocupación de tierras fértiles para el cultivo, los excesivos desplazamientos de los habitantes y los efectos de la ola de calor urbano;
- conectadas, tanto físicamente como por el aprovechamiento de las tecnologías informáticas para asegurar el control y la coordinación de los sistemas y flujos urbanos;
- el resultado de la repatriación, de una nueva convivencia entre el campo y la ciudad. Todos los edificios serán verdes, convirtiéndose en granjas urbanas, en arquitectura nutritiva que transforme las ciudades en biotopos alimenticios y a los ciudadanos en jardineros.
- una apuesta a la biodiversidad, evitando el monofuncionalismo a través de usos mixtos y con una incitación al multiculturalismo, para enriquecer la vida social, Callebaut, (2014).

Las nuevas tecnologías, muchas inspiradas en procesos naturales, serán esenciales para estos logros. Por ejemplo: producción de energía por fotosíntesis o por la fuerza de las corrientes marinas o la diferencia de temperaturas del agua de los mares; turbinas eólicas y espejos parabólicos helio-estáticos; torres ciclónicas, descontaminantes; la producción de biohidrógeno a partir de algas verdes.

El proyecto “Paris 2050” es, sin duda, la propuesta emblemática de su estudio. En 2015, la Alcaldía de París convocó a Callebaut para que encontrara respuesta un desafío: para mediados del siglo se redujesen, al menos en un 75%, las emisiones de gas de efecto invernadero en la ciudad. La propuesta se centra en la reincorporación del campo a la ciudad y su densificación por medio de edificios verdes de gran altura, ubicados en diferentes sectores de la ciudad y que a su vez resuelvan el problema crónico de la vivienda.

Considerando la construcción histórica de la ciudad, sus espacios inexplorados o no explotados, la relación entre lo existente y lo nuevo, se plantearon ocho proyectos o prototipos, ubicados en diferentes sectores de París de acuerdo al estudio de necesidades específicas.

Analizando estos proyectos se reconocen preocupaciones recurrentes: soluciones para el déficit habitacional, recuperación de sectores degradados de

la ciudad transformando las construcciones existentes y la aplicación de los sistemas más avanzados de la producción y ahorro de energía.

Muchas de las características que asume esta arquitectura de raíz biológica se encuentran en los siete proyectos que Callebaut agrupó en 2014 bajo el título "Mis Proyectos Manifiesto". Son planteos pensados como prototipos, en los cuales se presentan posibles soluciones a los problemas ambientales y ejemplifican la implementación de herramientas beneficiosas para la sustentabilidad.

Uno de éstos es *Lilypad* (2008), una ciudad anfibia, errante, flotando en los mares, que tiene como objetivo ampliar el territorio habitable sobre el mar y, particularmente, ser utilizada como hábitat para posibles refugiados por cuestiones climáticas. La estructura flotante "ramificada" de esta ecopolis está inspirada en la hoja circular de la *Victoria Regia*, un nenúfar gigante de la Amazonia, ampliado 250 veces para el proyecto.

El tema de la ciudad sobre el agua o en relación muy directa con ella, es una condición recurrente en la producción de Callebaut. *Dragonfly* (2009) es una torre biónica que está organizada por dos elementos oblongos, simétricos, que se apoyan en un gran invernadero bioclimático, instalada en el *East River*, en New York. Su estructura, inspirada en las alas de una libélula, se propone como ejemplo de un prototipo de granja urbana, con un programa mixto de viviendas y laboratorios, espacios agrícolas superpuestos verticalmente y cultivados por los propios habitantes.

En *Hidrogénesis* (2011), Callebaut encara el tema de la reducción de los costos del transporte, de las infraestructuras necesarias para su desarrollo y su impacto ambiental. El proyecto se compone de los elementos: una granja flotante y un zepelín vertical. El primero funciona básicamente como planta de reciclaje de los residuos plásticos que flotan en el agua, produciendo un gas, más ligero que el aire, el biohidrógeno y a su vez como pista de aterrizaje del segundo. El zepelín, de 400 metros de altura y 180 de ancho, tiene una gran capacidad de carga que lo convierte en un medio sustentable para concebir los desplazamientos.

Finalmente, se podría afirmar que en las propuestas de Callebaut se alternan utopías con un alto grado de idealismo; por esto, muchos catalogan estos proyectos como objetos irrealizables.

### **Arquitectura Viva**

La idea de arquitectura viva o arquitectura generativa integran tres campos del conocimiento: la arquitectura, lo digital y la biología, incluyendo la ingeniería genética, la teoría de la complejidad, la biología sintética, la organización molecular, la evolución celular, las protocélulas. Las distintas experiencias presentan además diversas definiciones y enfoques.

Los desarrollos más ambiciosos aparecen en las investigaciones de la biología sintética. Sus objetivos van desde el diseño y la fabricación de sistemas

biológicos que no existen en el mundo natural hasta la utilización de técnicas que permiten modificar sistemas biológicos existentes a fin de lograr tipos de organismos capaces de comportarse de una forma programada y controlada. En relación al primer objetivo, las búsquedas se centran en las llamadas protocélulas, estructuras abióticas consideradas un organismo vivo que teóricamente precedió al origen de las células. Su creación de manera artificial es el propósito ciertas investigaciones actuales, aunque todavía no ha sido alcanzado, si bien existen pruebas en laboratorio promisorias. Una de las primeras publicaciones donde se discute este tema y su vinculación con la arquitectura es un número de la revista *AD* de 2011, titulada justamente *Protocell Architecture*. La edición fue curada por dos importantes investigadores: N. Spiller y R. Armstrong, e incluye diversas opiniones y puntos de vista con respecto a la cuestión. En la Introducción afirman:

La protocélula es el resultado de programas de investigación destinados a la construcción de un conjunto químico similar a la vida, en la forma de un sistema de células artificiales capaces de automantenerse, autoreproducirse y potencialmente, evolucionar. La tecnología protocelular es la aplicación de las protocélulas a los problemas del diseño, y se comporta como una especie de arcilla primordial que existe entre la materia inerte tradicional y la biología convencional. Spiller, Armstrong (2011): 17-18.

Desde este punto de vista, para los autores las protocélulas serían organismos que operan más allá de la biología pero siguiendo algunos principios de organización presentes en la física y en la química.

Una de las primeras experiencias vinculadas con estas investigaciones fue el proyecto *Hylozoic Ground* del arquitecto y escultor Ph. Beesley, quien lidera el *Living Architecture Systems Group* y que constituyó la representación de Canadá en la Bienal de Venecia de 2010. El autor propuso una especie de bosque artificial, un pulmón que inhala y exhala, construido por miles de componentes livianos fabricados digitalmente que forman una matriz textil que incorpora microprocesadores y sensores que reaccionan ante la presencia de los visitantes. Beesley, (2010):.

Los arquitectos L. Iwamoto y C. Scott, han desarrollado interesantes experiencias en este nuevo campo. En su proyecto de investigación denominado *Line Array* (2010) exploran la concepción de un tipo de protocélulas, adecuadas a la producción arquitectónica, a partir de la creación de una matriz de auto-organización estructural que puedan producir una variedad fluida de superficies estructurales con diferentes geometrías. Un ejemplo de esto es su proyecto para la *Edgar Street Tower* (Iwamotoscott, 2021).

Desde otra perspectiva surgen las investigaciones del arquitecto A. Estévez, creador del *Genetic Architectures Research Group & Office* en la Universidad

Internacional de Catalunya. Estévez propone una arquitectura biológica y digital, aplicando procesos de genética real a niveles intramoleculares. Afirmando que el ADN no es más que un “software natural” y que el software puede definirse como un “ADN artificial” es posible crear una arquitectura aplicando “los procesos de cibernética real, que ‘automaticen’ su crecimiento robotizado... El diseño digital y su producción vistos como un proceso genético”. Estévez, (2020). Uno de sus proyectos emblemáticos es el *Genetic Barcelona Project*. Estévez introdujo la proteína GFP (*Green Florescent Protein*) originaria de la medusa *Aequorea Victoria* en el ADN del arbolado urbano de Barcelona; una proteína inocua que ha convertido siete limoneros en una especie bioluminiscente. El proyecto busca el ahorro energético para el uso doméstico y para la iluminación urbana. Fraile (2019): 345-346.

Otra propuesta, que si bien hay que considerarla en el ámbito de la utopía, es *Fab Tree Hab*, un prototipo de vivienda diseñado por M. Joachin, L. Greden y J. Arbona en 2008. Los autores consideran la ecología como principio rector, configurando una vivienda “viva”, comestible, inmersa simbióticamente con el sistema circundante, que produce nutrientes para las personas y otros seres vivos que habitan en la construcción. La solución parte de la combinación de troncos de árboles y sus raíces, que con injertos funcionarían como la estructura portante, rellena con una masa de mortero de arcilla y paja, que además se constituye en la base y sustrato del suelo fértil de los vegetales. *Fab Tree Hab*, responde a la lógica de la renovación constante, planteando una analogía con los ciclos vitales de la naturaleza, como si se tratara de un organismo que expresa en su constitución su funcionamiento biológico. La atención está puesta en los procesos y en la emergencia de sus componentes, aplicando la hipótesis de la biofilia.

Mientras están habitadas, los jardines y las paredes exteriores de la casa producen alimentos para personas y animales. Los ciclos estacionales ayudan a la estructura del árbol a mantenerse a sí misma mediante el compostaje de las hojas caídas en otoño. Joachin, Greden, Arbona (2008).

La vivienda, una especie de “máquina viva” tiene posibilidades de crecimiento, alteraciones y finalmente concluir su ciclo vital, aunque podría autoreproducirse o reemplazarse fácilmente.

En el proyecto *MEtreePOLIS* (2008) de los arquitectos M. Hollwich y M. Kushner para la ciudad de Atlanta, los árboles se convierten en potentes productores de arquitectura. Conciben una ciudad formada por estratos, que conforman una bioweb urbana, donde enredaderas de kudzu, diseñadas genéticamente, sirven como “plantas de energía”. Estas son torres simbióticas que limpian el aire reemplazando el dióxido de carbono con oxígeno a través del proceso de fotosíntesis y conectan los edificios existentes para convertirlos de consumidores de recursos en productores de energía. “A través de esta

combinación, el pasado se actualiza y conserva. Los edificios del siglo XX se adaptan a este bioconcepto y sobreviven en una nueva ciudad ecológica” (HWKN, 2021).

Frente a las investigaciones y prácticas presentadas, interesantes y promisorias, también se alzan voces críticas frente a este tipo de experiencias. Ch. Cogdell reúne una síntesis sobre el tema de una “arquitectura viva”, señalando la incapacidad de los arquitectos en cuestiones científicas tan complejas, la incerteza sobre su verdadero carácter ambiental, las cuestiones éticas que se deriven de la manipulación genética y las consecuencias que podrían producir en los habitantes.

Promover edificios vivos que crecen a través de la biotecnología funciona principalmente como un fetiche arquitectónico de vanguardia construido sobre los conceptos erróneos de la topología digital que distrae a los aspirantes a arquitectos del trabajo más importante a abordar: nuestra actual crisis ambiental, a la que la disciplina y el ejercicio de la arquitectura han contribuido significativamente. Cogdell (2018): 182.

Lo que sí es indiscutible que este tipo exploraciones ya ha puesto en crisis tanto el concepto de proyecto como la idea de arquitecto que perduraba desde el Renacimiento hasta la actualidad.

## Bibliografía

- Beesley, Ph. (2010). *Hylozoic Ground: Liminal Responsive Architectures*. Toronto: Riverside Architectural Press.
- Benyus, J. (1997). *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*. New York: Harper Collins.
- Callebaut, V. (2014). *Fertile Cities*. Hong Kong: Design Media Publishing Ltd.
- Callebaut, V. (2015). *Paris 2050. Les cités fertiles face aux enjeux de XXIème siècle*. Neully-sur-Seine: Ed. Michel Lafon.
- Cogdell, C. (2018). *Toward a Living Architecture?* Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Collins, P. (1977). *Los ideales de la arquitectura moderna; su evolución (1750 - 1950)*. Barcelona: G. Gili.
- Estévez, A., (2020). Arquitectura biodigital y genética: adecuación, relevancia y compromiso. En Hernández García, I. et al. (eds.). *Paisajes artificiales: virtuales, informales, edificados*, pp. 103-123, Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana,
- Fraile, M. (2019). *Arquitectura Biodigital*. Buenos Aires: Diseño Ed.
- Giménez, C., Mirás, M., Valentino, J. (2016). Analogía biológica: de la arquitectura al territorio. En Rodríguez, G., Sorda, G. (eds.). Buenos Aires: FADU UBA.
- Grenet, P. (1948). *Les origines de l'analogie philosophique dans les dialogues de Platon*. París: Boivin & Cie.
- Hensel, M., Menges, A., Weinstock, M. *Emergence: Morphogenesis Design Strategies*. London: Wiley.
- HWKN. Hollwich Kushner (2008). *MEtreePOLIS*. Recuperado el 10/05/2021 de: [https://www.facebook.com/pg/rethinkingthefuture/photos/?tab=album&album\\_id=435794626511252](https://www.facebook.com/pg/rethinkingthefuture/photos/?tab=album&album_id=435794626511252)
- Iwamotoscott Architectures (2021). *Projects*. Recuperado el 20/05/2021 de: <https://iwamotoscott.com/>
- Joachin, M., Greden, L., Arbona, J. (2008). *Fab Tree Hab*. Recuperado el 10/02/2020 de: <https://www.archinode.com/fab-tree-hab>
- Leach, N. (2009). Digital Morfogénesis. *AD*, Vol. 79, (1), 32-37.
- Picón, A. (2008). Architecture and the Sciences: Scientific Accuracy or Productive Misunderstanding. En Moravánszky, Á. y Fischer, O. (eds.). *Precisions*. Berlin: Jovis Berlag.
- Roudavski, S. (2009). Towards Morphogenesis in Architecture. *International Journal of Architecture Computing*. Vol 7, (3), pp. 345-374.
- Roukes, N. (1982). *Art Synectics*. Worcester: Davis Pub.
- Steadman, Ph. (2008). *The Evolution of Designs. Biological analogy in architecture and the applied arts*. New York: Routledge.
- Spiller, N., Armstrong, R. (eds.) (2011). *Protocells Architecture. AD Profile, 210*.
- Valentino, J., Giménez, C. G., Mirás, M. (2021) *ARQ + Aliens. Una relación amigable*. Buenos Aires: UBA / FADU / Teoría de la Arquitectura / Cátedra

Valentino, Ed. Digital. Disponible en:  
<http://catedravaletino.com.ar/ArqAliens/ArqAliens.pdf>  
Vincent Callebaut Architectures. Recuperado el 10/03/2021 de  
<https://vincent.callebaut.org/>