

Bioaprendizaje para una arquitectura y diseño sostenibles

Alberto T. Estévez⁽¹⁾

Resumen: Es urgente conseguir la sostenibilidad planetaria, y cada uno desde su campo. Sólo la suma de todos puede resolver tal inmenso problema. Como arquitectos y diseñadores será nuestra responsabilidad resolver la **sostenibilidad en la arquitectura y el diseño, pero ¿cómo?** Miremos a nuestro alrededor, a la **Naturaleza**, rebosante de lecciones de sostenibilidad y eficacia. No sólo de inspiración, sino de aprendizaje, de **bio-aprendizaje**. Jamás la humanidad entera ha tenido que afrontar algo de esta magnitud. Es como si se le planteara una última prueba: “*¿eres lo suficientemente inteligente para resolver este problema?* Si no ya no mereces vivir en este mundo”, que es un regalo con el potencial de ser un paraíso.

Palabras clave: Bioaprendizaje - Arquitectura y Diseño - Sostenibilidad - Biodigital - Organicismo Digital - Gaudí - Arquitectura y Naturaleza

[Resúmenes en inglés y en portugués en las páginas 87-88]

⁽¹⁾ **Alberto T. Estévez** es Arquitecto (UPC, 1983), Doctor en Ciencias (Arquitectura, UPC, 1990), Historiador del Arte (UB, 1994), Doctor en Letras (Historia del Arte, UB, 2008), con oficina profesional de arquitectura y diseño en Barcelona (1983-hoy). 40 años de docencia e investigación en varias universidades (Áreas de Proyectos Arquitectónicos, Composición Arquitectónica e Historia del Arte). Fundador en 1996, y primer Director, de la ESARQ-UIC (la School of Architecture de la Universitat Internacional de Catalunya) donde ejerce como Catedrático. Creador del grupo de investigación, máster y doctorado “Historia, Arquitectura y Diseño” (UIC, 1998-hoy), y luego del grupo de investigación, máster y doctorado “Arquitecturas Genéticas” (UIC, 2000-hoy), actualmente Máster de Arquitectura Biodigital. Y creador del Máster de Cooperación Internacional, con Alex Levi y Amanda Schachter (UIC, 2004-hoy). Con más de 300 publicaciones, ha participado en decenas de exposiciones, congresos y comités, invitado a impartir más de 100 conferencias por todo el mundo sobre sus ideas, proyectos y obras. Ha sido Director de 25 tesis doctorales y de más de cien tesis de máster y de grado. Tiene 6 sexenios de investigación reconocidos en el Área de Proyectos Arquitectónicos. Fundador-Director del iBAG-UIC (Institute for Biodigital Architecture & Genetics), y Fundador del Doctorado en Arquitectura de la UIC, del que ha sido su primer Director. Últimamente fue también Vicerrector-Gerente de la UIC.

1. ¿Sostenibilidad?

Entrando como se está en la tercera década del siglo 21, ya a nadie se le escapa la necesidad de vivir en un mundo sostenible. La sostenibilidad se ha convertido en un problema principal y global de todos los habitantes de este mundo. Sin embargo, este grave y urgente reto tiene una solución que de tan palmaria parece invisible: la solución es la Naturaleza (Estévez, 2020 A).

Sí, ahí mismo está el cómo resolver tal magna cuestión. Así, hay que preguntarse primero por lo que nos rodea: la Naturaleza. Y ver luego que es ahí de dónde puede aprenderse algo para resolver la sostenibilidad planetaria. De ahí, de la Naturaleza. La más sabia y antigua maestra. La con mayor experiencia. Y es que la Naturaleza es sostenible. Por lo tanto, si se quiere un mundo sostenible, *¿qué mejor que acudir a la Naturaleza para que diga cómo conseguirlo?* Es el ser humano el que ha empezado a salirse de tal sostenibilidad en la que vivió durante milenios. Claro que principalmente se ha debido al aumento vertiginoso de población en apenas un siglo. Pero también es algo propulsado por la falta de equidad social, por la falta de equilibrio entre economía y ecología, por la falta de solidaridad y generosidad. Pues no hay duda de que todo ello va de la mano. Y no puede resolverse por separado. Si se quiere la sostenibilidad planetaria, hay que resolver a la vez, sin solución de continuidad, la economía, la equidad social, la educación y la responsabilidad. De ahí que cuando los llamados “países ricos” claman para que los “países pobres” no destruyan su medio ambiente, las selvas ecuatoriales por ejemplo, los “países pobres” les contesten que es fácil reclamar a otros ese cuidado que ellos no han tenido en sus propios países para enriquecerse. Nos rasgamos las vestiduras porque en el llamado “tercer mundo” están arrasando bosques primarios. Pero quizá esa es la única manera que tienen para su precaria supervivencia. Mientras nosotros estamos sentados en mullidos butacones y tenemos nuestros vientres llenos. Se ve en las autopistas una cola interminable de camiones contaminantes. Y se piensa que un simple ferrocarril de mercancías podría sustituir a 50 de ellos, pero *¿qué pasaría con las 50 familias que viven de sus conductores?* Pues un tren sólo necesita un maquinista.

Hace ya unos años que se sabe que una auténtica ecología es la ecología integral: no puede cuidarse de verdad el medio ambiente si simultáneamente no se resuelve la pobreza. Todo está interconectado. Los problemas medioambientales afectan a todos, aunque en ese barrio, en esa ciudad, en ese país tengan buenísimas políticas ecológicas. Les vendrán igualmente los efectos de los gigantescos incendios forestales que estamos viviendo; se les abrirá a ellos sobre sus cabezas el agujero de ozono y enfermarán de cáncer de piel antes que nadie; perderán, como todos, la incalculable riqueza que supone la biodiversidad planetaria. Mientras, con la pandemia del Covid19 ha aparecido en el terreno de juego otro tema más, la salud: otro factor que claramente se ha entendido también como global. Entonces, ahora, la ecuación a resolver en su conjunto es de las variables ya inseparables de salud, ecología, economía, equidad social, educación. En definitiva, sostenibilidad que ha de ser simultáneamente social y medioambiental, bien ilustrada con los 17 ODS (Objetivos de Desarrollo Sostenible) de Naciones Unidas.

Por otro lado, famosa en el siglo 20, fue la frase de Le Corbusier sobre que “la casa es una máquina para vivir”. Pero ahora, en nuestro siglo 21, hay cuestiones que hacen evolucionar

esa idea a que “la casa es una máquina para activar la sostenibilidad” (Ver Figura 1). Y es que ni siquiera es hoy por hoy suficiente con ser sostenibles, sino que hay que superar esa meta y ser activos, en cualquier cosa que pensemos, proyectemos y hagamos. Demasiado tarde ya para tan sólo pensar en ser resilientes, en adaptarnos. Lo que ya toca es crear el entorno. Insuficiente ya es simplemente respetar el medio ambiente, y tenerlo en cuenta, y construir en él. No se trata ya de construir en la Naturaleza, sino construir con la Naturaleza, y más que eso, crear la propia Naturaleza. Los seres vivos no se adaptan al entorno. Si se les saca de su entorno natural se mueren, sin más. Los arbolitos de Navidad replantados con toda buena voluntad en entornos más cálidos de los que proceden originalmente no pasan del primer verano. Cuando hablamos de la capacidad de adaptación de la Naturaleza no pensamos en que eso se produce en el tiempo, con un coste correspondiente de extinción y evolución. A nosotros ya se nos ha acabado el tiempo, y lo que se está extinguiendo en cascada no viene a ser sustituido por nada más que desierto y asfalto.

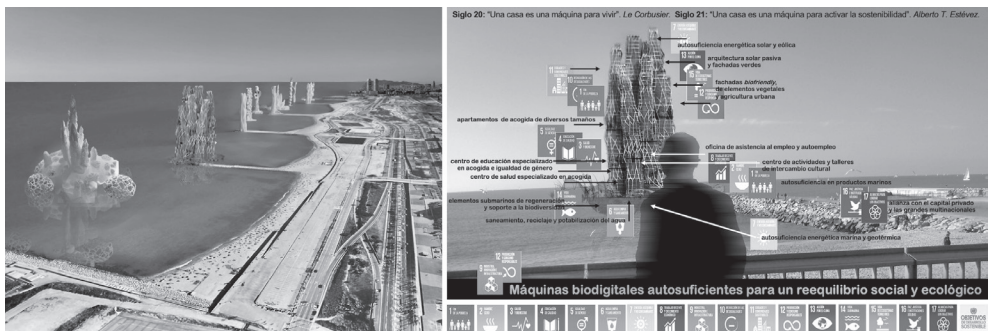


Figura 1. Alberto T. Estévez, Proyecto Barcelona Puerta de Europa, frente marítimo de Barcelona, 2008-2023, máquinas autosuficientes para activar la sostenibilidad social y medioambiental, siguiendo los 17 ODS de Naciones Unidas.

2. ¡Naturaleza!

Ahí está, ante nuestros ojos, en nuestras propias células, huesos y sistemas fisiológicos. Presente en todas las plantas y animales, grandes y pequeños (Estévez, 2020 B). Ahí es donde hay que encontrar el modelo, el mejor modelo de sostenibilidad: la Naturaleza, *¿qué más?* (Permítase hablar de la “Naturaleza” como la convención humana que proporciona su definición, como entidad abstracta, como figuración del conjunto de elementos que forman nuestro entorno).

El “laboratorio” de la Naturaleza ha estado mejorando a los seres vivos durante millones de años, con el objetivo principal de simplemente “vivir”. Se ha desarrollado desde lo más simple hasta lo más complejo. Por tanto, sería una locura no acudir a la fuente de esa enorme experiencia y sabiduría para ajustar el principal objetivo actual, que también es “vivir”, y la supervivencia de nuestro planeta. Las metas de la Naturaleza y las de la humanidad, convergen. La Naturaleza, sin embargo, tiene una gran ventaja sobre nosotros en lo que respecta a su “ciencia” y sus aplicaciones. Por tanto, hay que centrarse en aprender de ella, a través del bio-aprendizaje (Estévez, 2014).

Cada campo del conocimiento humano debe encontrar su propio camino de bio-aprendizaje. En nuestro caso, se intentará realizar un bio-aprendizaje para aplicarlo en los campos de la arquitectura y del diseño. Y aquí es donde entra en escena un gran campeón, un gran pionero, Antoni Gaudí: el primero en trascender la inspiración inmediata que ofrece la Naturaleza, más allá de la aplicación puramente formal a la arquitectura, que es en lo que a veces se quedan algunos arquitectos y diseñadores.

3. Naturaleza, y Gaudí

Cada vez más gente conoce sus obras, únicas, que atraen a millones de turistas a Barcelona cada año. Y gracias a Internet es fácil conocer algunos aspectos de su biografía, por lo que no se va a tratar esto en el presente capítulo (o consultar Estévez, 2002 A, 2010). Sin embargo, pocos saben lo que hay detrás de las formas de su arquitectura: un bio-aprendizaje real y profundo de la Naturaleza. Pues, cuando alguien le preguntó a Gaudí “¿dónde había aprendido la nueva arquitectura, le señaló un árbol cercano a su taller, diciendo: ‘jeste es mi maestro!’” (Bergós, 1974, p. 18). En efecto, cuando era niño, debido a su delicada salud, pasaba largas temporadas en el campo, rodeado de montañas y piedras, árboles y flores, pájaros e insectos, transformando su debilidad en su fuerza. “El pequeño Gaudí recogió las más puras y placenteras imágenes de la Naturaleza, esa Naturaleza a la que él llamó siempre ‘mi maestra’, y las recordaba aún con fruición en su vejez” (Bergós, 1974, p. 104). Al mismo tiempo que “con un notable espíritu de observación, fue elaborando una arquitectura singular basada en el hecho de servirse de lo que la Naturaleza le mostraba” (Bonet, 2000, p. 12). Esa es también la lección de Gaudí para cada uno: aprender de la Naturaleza desde el punto de vista del respectivo trabajo, que, en el caso de Gaudí, era también la arquitectura y el diseño.

De hecho, es fácil maravillarse con las formas de la Naturaleza vistas como “desde fuera”, pero no es suficiente. Tan pronto como se presta más atención, sus procesos y funcionalidades se vuelven fascinantes. Los girasoles, por ejemplo, giran la cabeza durante el día según el movimiento del sol en el cielo. Y Gaudí rindió homenaje a los girasoles ya al comienzo de su carrera profesional, integrándolos en sus dos primeras casas en diseños cerámicos. Es como si sintiera desde el principio que no sólo iba a ceñirse a una mera inspiración formal de la Naturaleza, sino que sería el primer arquitecto de la historia en trascender a un nivel más profundo de aprendizaje de la Naturaleza, de bio-aprendizaje. Sin duda, su especial sensibilidad por la Naturaleza se lo proporcionó. Cuando Gaudí estaba

trabajando en su primera casa, la Casa Vicens, sintió pena por las florecitas amarillas que crecían en el terreno a edificar, condenadas a desaparecer, por lo que decidió conservarlas para siempre en las baldosas cerámicas decorativas que cubrían todo el edificio. Igual que unas hojas de palmito, que reprodujo en la férrea valla exterior de la finca. En efecto, Gaudí fue un magnífico ejemplo de persona respetuosa con el medio ambiente, mucho antes de que se hablara de ecología (Estévez, 2002 A).

En ese sentido, el hecho de ir más allá de la mera forma exterior de la Naturaleza, hasta –como dijo– descubrir las leyes secretas del universo, “la obra de Gaudí señala un avance desde la arquitectura tradicional a nuevas estructuras arquitectónicas basadas en la mecánica y en experimentaciones cual la de las catenarias, pero, a la vez (...) penetra francamente en el mundo de la morfología natural, que no copia, antes transfigura e integra en factor arquitectónico o estructural-ornamental” (Ciriot, 2001, p. 14). Gaudí no adoptó los diferentes arcos que definen cada estilo arquitectónico (romano, visigodo, románico, gótico, renacentista, manierista, barroco, mudéjar-mozárabe, hindú, etc.), como solían hacer sus contemporáneos en la arquitectura de finales del siglo 19 y principios del siglo 20. Tendría el suyo propio, el arco de catenaria. Es decir, su propio sistema constructivo, que no puede identificarse con ningún estilo historicista. Este funcionamiento del arco de catenaria se puede entender observando una cadena colgante libre (catenaria). Para ello creó modelos de cuerdas, colgándolas del techo, atando en ellas bolsitas de arena, para calcular el respectivo peso proporcional al de la construcción real. Así, al voltear la foto de tal maqueta, la estructura del edificio diseñado emerge de la forma más estructural y eficiente (*Ver Figura 2*).



Figura 2. Izquierda: arco de catenaria (cadena colgante libre) y arco parabólico-catenaria (Gaudí, Colegio de las Teresianas, Barcelona, 1887-1888). Derecha: imagen de la maqueta de cuerdas, colgada del techo con sacos de arena, para calcular el peso proporcional al de la construcción real, siguiendo la peculiar metodología de diseño arquitectónico de Gaudí. Al voltear la foto de la maqueta, la estructura del edificio diseñado emerge de la forma estructural más eficiente. (Fotos: Alberto T. Estévez).

Sólo los ingenieros que utilizan las matemáticas y las ciencias físicas en la construcción de puentes, estaciones de ferrocarril y mercados de hierro, y los albañiles catalanes aplicando la tradición centenaria y la experiencia popular se han acercado al arco de catenaria, por ser el más acorde con la función natural de las estructuras. Gaudí fue más allá de esas infraestructuras de ingeniería y construcciones populares anónimas y, utilizando su racionalidad artística, fue el primero en llevar la arquitectura a un nivel completamente nuevo. Por un lado, era científicamente consciente de su eficacia estructural, y por otro confirmaba este hecho aprendiendo de la Naturaleza, su fuente definitiva de inspiración y aprendizaje. Sí, encontró inspiración no sólo en su “carne”, formal y externa, sino también en sus “huesos”, en sus estructuras, sistemas y funciones.

Las obras de Gaudí nunca se visten de manera arbitraria, sino que responden a los mismos criterios de funcionalidad tectónica que las de la Naturaleza. Así, consiguió aportar la máxima eficiencia estructural a la arquitectura de compresión tradicional siguiendo esos criterios, cerrando ese capítulo para dar comienzo a la arquitectura moderna de tracción del siglo 20. Pues Gaudí ofrecía la alternativa del arco catenario, imbatible en arquitectura frente al pobre comportamiento estático de los arcos de estilo histórico (de medio punto, apuntado, de herradura, etc.), que presentaban deficiencias estructurales en cubiertas, bóvedas, muros, y pilares verticales también (siendo por ejemplo el primero en crear arquitectura con pilares inclinados, por seguir estos las líneas naturales de fuerza). Ciertamente, todo lo resuelve mejor el arco de catenaria, convertido luego en superficie por repetición sucesiva (formando los arcos-diafragma característicos de los espacios gaudinianos), repetido en el espacio a lo largo de una curva perpendicular a la propia y de geometría similar. En definitiva, estos arcos de catenaria, y su similitud con la parábola, y sus correspondientes bóvedas de geometría reglada alabeada, y pilares inclinados resultantes, siguen siempre la línea natural de empuje de las cargas: logran entonces la respuesta estructural ideal en los edificios, con el mínimo material necesario y con el mínimo coste energético, como lo hace la Naturaleza.

4. Naturaleza, y eficiencia

Así fue como Gaudí innovó la historia de la arquitectura, llevando la construcción por compresión a su punto más alto. Además, debe reconocerse que estas curvas sinuosas resultantes son las de la Naturaleza, en cuya evolución natural se han seleccionado las geometrías estructurales más apropiadas, para que las plantas y los huesos sean –además de rentables– máximamente resistentes. Troncos, ramas, tallos y todo el aparato de los seres vivos se componen de esta geometría, de conoides, elipsoides, hiperboloides, paraboloides y patrones de crecimiento helicoidales (Estévez, 2002 B). Paraboloides, hiperboloides y patrones de crecimiento helicoidal gobiernan la forma de los árboles. Mientras que Gaudí, aprendiendo de la Naturaleza, diseñó con paraboloides, hiperboloides, elipsoides y helicoides –por ejemplo– todo el interior de la Basílica de la Sagrada Familia, donde además los pilares de dicho templo se extienden hacia arriba como ramas de árboles, siguiendo las líneas naturales de descarga de la estructura superior (*Ver Figura 3*).



3



4

Figura 3. “Este árbol es mi maestro”... A la izquierda, paraboloides e hiperboloides de un árbol, paraboloides e hiperboloides de las columnas de la basílica de la Sagrada Familia. A la derecha, los pilares se extienden hacia arriba como las ramas de los árboles, siguiendo las líneas naturales de descarga de la estructura en el interior de la Basílica de la Sagrada Familia, realizado todo con paraboloides, hiperboloides, elipsoides y helicoides. (Fotos: Alberto T. Estévez).

Figura 4. Izquierda: las hojas de las plantas logran el equilibrio más eficiente cuando utilizan el mínimo material, el mínimo espesor y cubren la mayor área posible, para absorber la mayor cantidad de luz, y permitir además que el agua fluya, evitando así sobrecargas en caso de lluvia. Para ello, su superficie se ondula, dando mayor rigidez al conjunto. Derecha: Gaudí, Escuelas Sagrada Familia, 1908-1909, diseño de la cubierta, siguiendo el mismo concepto de eficiencia, utilizando superficies regladas alabeadas (conoides en este caso). (Fotos: Alberto T. Estévez).

La Naturaleza no deja de enseñar, paciente, desde el origen de la vida en este planeta, como si esperara que se esté suficientemente preparado y maduro para aprender de ella. Sólo se necesitan mentes abiertas y curiosas, y espíritus sensibles y atentos para aprender sus lecciones. Por ejemplo, las hojas de las plantas logran el equilibrio más eficiente cuando utilizan el mínimo material (menos energía necesaria en los procesos internos de crecimiento), el mínimo grosor, y cubren la mayor área posible, para absorber la mayor cantidad de luz, y permitir además que el agua fluya, evitando así sobrecargas en caso de lluvia. Para ello, su superficie se ondula, dando mayor rigidez al conjunto. Más que si la superficie fuera totalmente plana, como sí ocurre en las construcciones humanas convencionales, en el mobiliario y en numerosos objetos. Gaudí lo sabía, y diseñó por ejemplo la cubierta de las Escuelas de la Sagrada Familia siguiendo el mismo concepto de eficiencia, utilizando superficies regladas alabeadas: conoides en este caso (*Ver Figura 4*).

Del mismo modo, los huesos en la Naturaleza logran el equilibrio más eficiente cuando utilizan el mínimo material (menos energía necesaria en los procesos internos de crecimiento) siguiendo formas hiperbólicas para dotarse de mayor resistencia. Con la misma cantidad de material, son más resistentes que las formas cilíndricas, habituales en las columnas arquitectónicas convencionales. De nuevo Gaudí lo sabía, y en la Casa Batlló o en la Sagrada Familia, diseñó los elementos verticales con hiperboloides, siguiendo el mismo principio de eficiencia (*Ver Figura 5*).



Figura 5. Hiperboloides en una imagen de huesos (izquierda), balaustrada (Gaudí, Casa Batlló, Barcelona, 1904-1906) y pilares de una galería (Gaudí, Basílica de la Sagrada Familia, Barcelona, 1882-actualidad) (Fotos: Alberto T. Estévez).

Se pueden aprender muchos detalles de la Naturaleza, siempre y cuando se mantengan los ojos bien abiertos. Como las tejas de la Casa Batlló de Gaudí, que siguen el principio de las escamas de peces: todas ellas dotadas de hidrodinámica, ya que ambas necesitan dejar fluir el agua de la mejor manera posible. Gaudí sólo necesitó de la Naturaleza y sus principios rectores para desarrollar toda su obra como arquitecto. Como que también logró sintetizar un punto básico de la Naturaleza, que acabó configurando un valor, un valor de inteligencia, un indicador de calidad: la continuidad. Y dijo: “las formas continuas son las perfectas. (...) Las formas poliédricas y las equivocadamente dichas geométricas abundan poco en la Naturaleza. Incluso las que el hombre hace planas (puertas, mesas, tableros) con el tiempo se alabean” (Puig-Boada, 2004, p. 165). La continuidad de las formas, como característica esencial en la Naturaleza, donde cada parte y cada función se resuelve con continuidad en el todo. Sin duda, esto se debe a que la continuidad brinda mejores condiciones estructurales y de crecimiento. Así, la arquitectura de Gaudí ofrece ventajas aún mayores al diseñar sus obras en esta misma continuidad que la Naturaleza. Esto se puede ver por ejemplo en el exterior de la Casa Milà o en el interior de la Casa Batlló. Mientras que, además, la continuidad exterior ayuda al flujo del aire y del agua. Y la continuidad

interior mejora las características térmicas y acústicas. Esto es forma y función en perfecta convergencia y armonía, aprendidas de la Naturaleza.

5. Naturaleza, y nuestro origen

Gaudí no tuvo dudas, porque incluso su lectura de la historia se hacía bajo el principio de “retorno al origen”. Por ejemplo, dijo “no nos quedemos con lo que han hecho nuestros antepasados. A la Naturaleza es adonde han acudido para aprender” (Matamala, 1999, p. 342). Hoy, en el mayor y más serio desafío al que se enfrenta la humanidad, paradójicamente, para avanzar hay que mirar “hacia atrás”, hacia el origen de todo. Se debe aprender de la Naturaleza y de todo su potencial para lograr la más perfecta sostenibilidad que pueda llegar a aplicarse. Ese es el origen, y la fuente más eficaz a la que se puede acudir para solucionar la sostenibilidad de todo el planeta. De hecho, la Naturaleza ya había asegurado esa sostenibilidad durante millones de años, antes de que el ser humano la trastornara en apenas unas décadas. Y resulta que la Naturaleza resuelve la sostenibilidad planetaria con vida. Pues entonces, los seres humanos deben seguir el mismo camino. Esto es algo que hace años que se dijo en voz bien alta, entendiendo la evolución que la arquitectura ha ido sufriendo en las dos últimas décadas, apareciendo conceptos como Arquitecturas Genéticas (Estévez, 2003), Arquitectura Biodigital (Estévez, 2015) y Arquitectura Metabólica (Dollens, 2017). De hecho, a veces pueden introducirse soluciones de la Naturaleza, con elementos vivos, de forma muy sencilla y tradicional: elementos vegetales vivos, que son sostenibles, renovables, reciclables, aplicados a la arquitectura. Como por ejemplo, cubiertas y fachadas verdes, que bloquean la incidencia directa del sol con su sombra sobre las paredes, que evitan el calentamiento en verano, y tamizan el ruido urbano, emiten oxígeno, absorben CO₂ y polvo, reciclándolo como sus propios nutrientes. Hoy, cualquier gesto a favor de introducir vida en la arquitectura, no sólo debe ser bien recibido sino necesario.

Sin embargo, con contadas excepciones, prácticamente todos los académicos de la arquitectura actual –y del mundo del diseño– consideran sospechoso incluir la vida en los proyectos arquitectónicos, pues aún se rigen por los principios de una arquitectura y diseño obsoletos, ideados en las décadas de los años 20 y 30 del siglo pasado, muy alejados de las comprensiones, necesidades y posibilidades de la actual arquitectura y diseño de auténtica vanguardia, de la arquitectura biodigital, que incluye palabras clave como biológico y digital, conceptos como inteligencia natural e inteligencia artificial, bio-aprendizaje y aprendizaje automático, formas orgánicas y herramientas digitales, bio-fabricación y fabricación digital. Si Gaudí viviera actualmente estaría sin duda en tal vanguardia.

Hay que prestar atención a los signos de los tiempos, al *Zeitgeist*, o quedaremos en ridículo cuando se escriba nuestra historia, ya que hoy, además del gran desarrollo que ha experimentado la tecnología biológica, podemos contar con la inmensa ayuda de la tecnología digital. Y al poder de los medios de comunicación que tenemos en nuestras manos, hay que sumarles inteligencia y voluntad para afrontar los desafíos de nuestros tiempos. Requiriéndose igualmente sensibilidad, para ajustar los objetivos y metodologías de investigación, y los usos que se da a los resultados.

6. Naturaleza, e ¿inspiración? ¡Aprendizaje!

Considerado lo que coloquialmente y de manera común el mundo entero entiende por “Naturaleza”, podría decirse que esta ha sido desde siempre la principal inspiradora del ser humano en su quehacer. Partiendo de que de la Naturaleza han salido directamente sus primeros objetos ornamentales: unas flores en el pelo o unas caracolas en torno al cuello. Elementos no funcionales, no útiles para las necesidades fisiológicas, de estricta supervivencia física del ser humano (protegerse del calor y del frío, saciar su hambre y sed, dormir con seguridad y comodidad). Cuando regido por la regulación de un mismo ADN, en todas las células de cualquier ser vivo, sometidas a esa única ley genética de composición formal, funcional y de crecimiento, la Naturaleza lo produce todo en armonía. De la parte más minúscula a su total conjunto. Configurándose así según la definición más clásica de belleza: la relación armónica de las partes con el todo y del todo con las partes. Pero con pequeños “errores” casuales, merced sobre todo a la interacción de agentes externos, que providencialmente le quitan la frialdad que una forma matemáticamente perfecta tiene, en beneficio de una percepción que entendemos los humanos como más “cálida”, más “humana”.

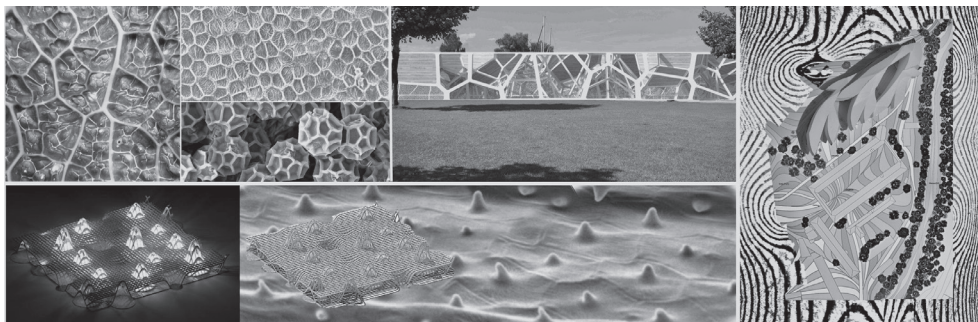
Ornamentos, los elementos más primigenios con los que aspirar a un ideal mejor, a un mayor atractivo, a una especial singularidad. Algo con lo que poder distinguirse de los demás, sentirse más único, acrecentar el sentimiento existencial del propio yo. Una necesidad muy humana, la de sentirse admirado. Una necesidad que si no se ve convenientemente satisfecha puede provocar mayor frustración y disgusto que la no resolución de aspectos más físicos. Llevando en su extremo al suicidio aunque se tengan bien resueltas todas las necesidades fisiológicas.

De ahí que la frase de Herman Muthesius, paradigmática del luego triunfal racional-funcionalismo, “las casas son para vivir y no para ser (ad-)miradas (*«Häuser sind zum wohnen und nicht zum anschauen»*)” (Estévez, 1996), sea medio verdad medio mentira. Y que si se cree de manera dogmática lleva a los enormes equívocos que la arquitectura racional-funcionalista ha provocado durante décadas, con su objetividad y materialidad seca, bien expresado con el término original de *Neue Sachlichkeit*, que se convirtió en movimiento arquitectónico sistemático (*sachlich*: objetivo, material) hace ahora ya casi un siglo. Sí, las casas son para vivir, pero también para ser admiradas. Haciendo que su habitante se sienta feliz al despertar tal admiración entre los que le rodean. Es la misma necesidad primigenia humana del primero que se puso una flor en el pelo o un collar alrededor de su cuello. Nadie es feliz viviendo en una casa de la que pueda sentirse avergonzado.

Ahora bien, durante siglos los arquitectos tuvieron como principales fuentes de inspiración el ideal de la Roma y la Grecia clásicas. Y luego en el siglo 19 la de los distintos estilos históricos. Hasta que en la búsqueda del estilo de la nueva época moderna, y por tanto cortando con todos los estilos del pasado, se empezó a buscar cómo sería esa nueva arquitectura moderna. Y entonces se descubrió hasta qué punto la Naturaleza podía ser inspiradora de la arquitectura. Si bien casi que, como se ha estado comentando, sólo Gaudí vería más allá de la superficie ornamentada, buscando resolver los misterios y secretos de las leyes del universo, exclamando como la Naturaleza era su maestra, de manera profunda, no sólo de pieles sino de almas, de sistemas, de estructuras.

Entonces, una primera manera fácil de hablar sería referirse a una arquitectura inspirada por la Naturaleza. Pero como se ha ido avanzando antes, en realidad se trata de ir más allá de una mera inspiración. Se trata de aprender de la Naturaleza. Y eso no sólo es inspirarse superficialmente en la Naturaleza, como quién inspira un volátil y efímero humo. Aunque tras un aprendizaje en la Naturaleza, un *bio-learning*, un aprendizaje sobre la vida, sobre los seres vivos, se pueda decir que eso inspira soluciones, maneras de hacer. Pero propiamente es aprender, no sólo inspirarse: aprender de la Naturaleza –*bio-learning*– todo lo bueno que se pueda aprender para la sostenibilidad planetaria.

Entonces, en ese aprendizaje, se verifica el paralelismo entre lo biológico y lo digital. Similitudes genéticas, entre el ADN, cadenas de información biológica (como si fuera un software natural), y el software, cadenas de información digital (como si fuera un ADN artificial). Entre el poder de la inteligencia natural y la inteligencia artificial. Entre el poder de concepción, diseño y fabricación de la Naturaleza y el de la computación: la arquitectura biológica y la arquitectura digital. Un entendimiento que alcanzaría su máximo grado de posibilidades en su fusión biodigital. Pudiéndose pensar que el futuro de las ciudades será 50% biológico y 50% digital, o no habrá futuro. Queda lejos una mera inspiración, y debe entenderse como un auténtico aprendizaje. Ahí es donde entra también el entendimiento de crear arquitectura siguiendo un diseño generativo, un diseño de los sistemas más que de las formas concretas. Una arquitectura cuyos pasos en su concepción serían, sí, primero una inspiración inicial, atendiendo al natural atractivo e interés que despierta en los humanos la visión de los seres vivos. Seguido de un aprendizaje de sus sistemas, de su funcionamiento relacional y de su eficiencia sostenible. Para desarrollar un diseño generativo que vaya engranando todos los requerimientos arquitectónicos. Y que por ser generativo “emerge”, como la vida biológica “emerge” y crece, en un proceso a la vez evolutivo en su concepción y diseño. Sabiendo además que la herramienta digital garantizará su armonía en su conjunto y en todas sus partes (Ver Figura 6 y Figura 7), y que puede someterse a procesos de *machine-learning*, de inteligencia artificial, barajando gran cantidad de opciones (Estévez, Abdallah, 2022).



6



7

Figura 6. Ejemplos de diseño generativo, aprendizaje de los sistemas biológicos aplicados digitalmente a la arquitectura. Alberto T. Estévez - Genetic Architectures Office: arriba, edificio multifuncional, Hard, 2014, diseñado digitalmente con un sistema fractal de voronoi, junto (a su izquierda) voronoi y fractales de voronoi biológicos de una hoja de col, un pétalo de rosa y granos de polen vistos con microscopio electrónico, y abajo, Kindergarten, Vilobí del Penedès, 2009, vistas nocturna y diurna de las cubiertas del edificio sobre un fondo de la foto microscópica de la superficie de una hoja, y derecha, edificio de viviendas solar pasivo y parque circundante, (con edificios preexistentes rectangulares), Innsbruck, 2016-17, diseñado digitalmente con sistemas de atractores y campos de fuerza, presentado sobre la foto de un fondo de vetas biológicas de madera. (Imágenes del autor). **Figura 7.** Ejemplos de diseño generativo, aprendizaje de los sistemas biológicos aplicados digitalmente a la arquitectura. Alberto T. Estévez - Genetic Architectures Office: izquierda, Qatar University of Applied Arts & Design, Doha, 2013, junto (a su izquierda) fotos microscópicas de un grano de polen y de una radiolaria, y derecha, mercado, Casablanca, 2012, junto a foto de lirios de agua. (Imágenes del autor).

En efecto, lo que tal diseño contiene está más allá de una mera inspiración. Es aprendizaje. Y no es simple imitación, biomimética, mimesis. Es *bio-learning* que se fusiona con *machine-learning*. Así, se desarrolla de manera evolutiva, como la Naturaleza, con iteraciones que siguen y son comandadas por su “ADN digital”, hasta llegar al que se considerará el resultado más satisfactorio. Pues del chequeo de las características en su conjunto y por separado emergerá el que es más “fuerte”, globalmente. “Fuerte” no físicamente sino concep-