

Del nacimiento de un nuevo lenguaje en arquitectura y diseño: entre la bioinspiración, el bioaprendizaje y lo biodigital

Alberto T. Estévez(*)

Fundador-Director del Institute for Biodigital Architecture & Genetics,
Universitat Internacional de Catalunya-Barcelona, España

Resumen: El presente escrito trata de aclarar, definir y circunscribir el término “biodigital”, que desde la bioinspiración y el bioaprendizaje saca de las entrañas de lo digital un nuevo “lenguaje” para la arquitectura y el diseño, a modo de organicismo digital: una fusión entre lo biológico y lo digital, relevante por razones que abarcan tanto aspectos prácticos como conceptuales. Nuevos entendimientos de la arquitectura y del diseño, que podría concluirse como ya consolidados a estas alturas del siglo, aunque todavía en los comienzos del tercer milenio, pero con todo lo necesario para percibirse como los más adecuados a los signos de nuestros tiempos, a nuestro *Zeitgeist*. Pues bien, este artículo intenta construirse a partir de la experiencia investigadora, docente y profesional de su propio autor, tras 40 años de trayectoria profesional y académica, desde que se graduó como arquitecto el año 1983. Así, estas líneas están escritas sustentadas en algunos de sus pensamientos y conclusiones, tras estos años de estudio, proyectos, obras, acciones y consecuentes discusiones académicas por todo el mundo. Por otro lado, se observará que se introducen algunas repeticiones a lo largo de este texto, para enfatizar ciertos conceptos, y sintetizarlos a modo de resumen al final de sus respectivas presentaciones, lo que permitirá al lector fijarlos mejor.

Palabras clave: Biodigital - Arquitecturas genéticas - Bioinspiración - Bioaprendizaje - Organicismo digital - Nuevo proyectar ecológico-medioambiental - Nuevo proyectar cibernético-digital

[Resúmenes en castellano y en portugués en la página 43]

⁽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 de arquitectura y diseño en Barcelona (1983-hoy). 40 años de docencia e investigación en diversas universidades. Fundador y primer Director de la ESARQ-UIC Barcelona School of Architecture (1996), donde ejerce como Catedrático de Arquitectura. Creador del grupo de investigación, máster y doctorado “Historia, Arquitectura y Diseño” (UIC, 1998-hoy), y del grupo de investigación, máster y doctorado “Arquitecturas Genéticas” (UIC, 2000-hoy), actualmente Máster de Arquitectura Biodigital. Así como creador del Máster de Cooperación Internacional con Alex Levi y Amanda Schachter (UIC, 2004-

hoy). Con más de tres centenares de publicaciones, decenas de exposiciones, congresos y comités, e invitado a impartir más de 100 conferencias por todo el mundo sobre sus ideas y trabajos. Ha sido Director de 25 tesis doctorales, y de más de cien tesis de máster y grado. Con 6 sexenios de investigación oficialmente reconocidos. Fundador-Director del iBAG-UIC Barcelona (Institute for Biodigital Architecture & Genetics), y Fundador del Doctorado en Arquitectura de la UIC Barcelona, del que ha sido su primer Director. Últimamente fue también Vicerrector-Gerente de la UIC Barcelona (Universitat Internacional de Catalunya). Destacado en la creación del diseño y de la arquitectura biodigital, tanto en el ámbito académico como en el investigador y profesional. Es conocido por su enfoque sobre la arquitectura sostenible, la integración de tecnología digital avanzada y su trabajo desde el bioaprendizaje. Como profesor ha sido una influencia en la formación de nuevas generaciones de arquitectos y diseñadores con una perspectiva enfocada en la innovación, la sostenibilidad y la fusión de lo biológico y lo digital. En el ámbito profesional, ha estado involucrado en proyectos y desarrollos que exploran el diseño y la arquitectura biodigital, aplicando conceptos de bioaprendizaje y tecnología digital para crear soluciones arquitectónicas más sostenibles e integradas con la naturaleza, adscritas también al llamado organicismo digital. Y ha sido ampliamente reconocido por su contribución en la investigación y la enseñanza de la arquitectura biodigital, siendo su trabajo una referencia significativa en tal campo hasta la fecha.

Introducción: Una Breve Clarificación Previa...

Entrando ya en la tercera década del siglo 21 como estamos, es muy distinto entender ahora la arquitectura y el diseño a cómo se hacía hace tan sólo 50 años ¡o menos! Sería olvidarse o no conocer todo lo que ha ocurrido en este último medio siglo: una gran evolución de las ideas y un enorme enriquecimiento de entendimientos que ha habido hasta la actualidad en torno a la arquitectura y al diseño en todo el planeta. Algo que no puede escatimarse al arquitecto y al diseñador de la actualidad, sea por ignorancia o por prejuicios. Así, por ejemplo, hoy debe aseverarse que la arquitectura y el diseño no es lenguaje: una idea esta que se puso especialmente de moda hace ya muchas décadas. Arquitectura es arquitectura, diseño es diseño, aunque parezca obvio decirlo. Ya que cada vez que se dice que la arquitectura y el diseño es “lenguaje”, o “poesía”, o “música congelada”, o cualquier otra aserción, lo que se hace es establecer una metáfora. Y por tanto, como en toda metáfora, hay parte de verdad y parte de mentira. Y “creérsela” por entero, y construir un único entendimiento en torno a ello, aferra dogmáticamente, discrimina otros entendimientos, limita el horizonte: en definitiva, empobrece. Y por muy eruditas que parezcan ser las citas para fundamentar ciertos entendimientos, estas también quedan obsoletas con el transcurrir del tiempo, debiéndose asumir críticamente.

Sin embargo, el uso de metáforas ayuda enormemente a un más inmediato entendimiento de nuestro entorno. Y es la capacidad humana de extraer la parte de verdad de un buen número de metáforas lo que nos acerca más rápidamente a formarnos una idea más exacta

de lo aludido. Por ello, el uso en el título de este escrito de las palabras “un nuevo lenguaje en arquitectura y diseño” tratan de acercar metafóricamente, en breve, de manera más accesible y directa a lo que se refieren estas líneas.

Sea como fuere, al fin y al cabo, el arquitecto y el diseñador tienen su propia responsabilidad en formarse un correcto y riguroso entendimiento de qué es realmente la arquitectura y el diseño, sin los malentendidos y prejuicios acumulados a lo largo de los decenios, incluso por arquitectos y diseñadores de prestigio, o reconocidos profesores. Todo ello asumido sin miopías o cortedad de miras, con la libertad que tales términos merecen.

Un Poco de Historia Biodigital...

Para ir a la propia génesis de lo biodigital debe contarse algo de su historia. Pues bien, para empezar, tras proponer personalmente y por iniciativa propia la creación de una escuela de arquitectura a los responsables de la aún no nacida Universitat Internacional de Catalunya en diciembre de 1995, se le encargó directamente tal fundación al autor de estos párrafos, nombrado así su Director en 1996, de lo que oficialmente se denominaría la ESARQ (la Escuela de Arquitectura de la UIC Barcelona). Entonces, con una declarada determinación de que fuera una escuela generacional, pionera y de vanguardia, con los que seleccionó para tal empeño, entre otras cosas, empezaron a invitar sistemáticamente a lo más avanzado de su generación internacional, durante los últimos años 90. Así, para su sorpresa, verifiqué ahí la emergencia de una nueva vanguardia sin consolidar en el mundo, de la que aún no se tenía conciencia, ni se había definido, y que desde 1999 la sintetizó primero bajo la denominación de “el nuevo proyectar ecológico-medioambiental y el nuevo proyectar cibernético-digital”. Términos que fundió en enero del año 2000 como “arquitecturas genéticas”, al entender que tanto lo biológico como lo digital se rigen por leyes igualmente genéticas de cadenas de información, las del ADN y del software (Estévez, 2003, 2005 y 2009A), responsables de su generación, crecimiento, características y funcionalidades. Poco faltó, pues, para que el año 2006 crease el término “arquitectura biodigital”, primero de cara a redenominar el Máster en Arquitecturas Genéticas que inició el año 2000, para hacer más evidentes sus contenidos, con motivo de su aprobación como máster oficial, que pasaría a llamarse Máster Universitario en Arquitectura Biodigital desde el año 2007. Así, el presente escrito trata de aclarar, definir y circunscribir el término “biodigital”, que desde la bioinspiración y el bioaprendizaje saca de las entrañas de lo digital un nuevo “lenguaje” para la arquitectura y el diseño, a modo de organicismo digital: una fusión entre lo biológico y lo digital, relevante por razones que abarcan tanto aspectos prácticos como conceptuales. Nuevos entendimientos de la arquitectura y del diseño, que podría concluirse como ya consolidados a estas alturas del siglo, aunque todavía en los comienzos del tercer milenio, pero con todo lo necesario para percibirse como los más adecuados a los signos de nuestros tiempos, a nuestro *Zeitgeist* (Estévez, 2024).

Efectivamente, esto empezó en la segunda mitad de los años noventa, al verificar que distintos personajes desconectados entre sí, de diversos países y procedencias, cuando venían a conferenciar a la ESARQ, empezaban sus charlas con referencias a la naturaleza, a los

seres vivos, a la vez que también empezaban a manejar herramientas digitales aplicadas a la arquitectura y al diseño: Greg Lynn (que impartió la conferencia inaugural del primer curso, 1997-98, una vez oficializada ministerialmente la Escuela), Bernard Cache (que, con quien esto firma, montó el año 2000 la primera CNC, fresadora digital, en una escuela de arquitectura española), Dennis Dollens (con quien adquirió también aquel mismo año 2000 la primera impresora digital 3D en una escuela de arquitectura española), Karl S. Chu, Mark Goulthorpe, Kas Oosterhuis, François Roche, Lars Spuybroek, Mike Weinstock, a los que también incorporó a la docencia reglada oficial de la Escuela, en grado y posgrado, junto a Marcos Novak, Mark Burry, Neil Leach, y otros invitados a diversas conferencias esos primeros años. Todos ellos, justo los pioneros de la arquitectura digital (“el nuevo proyectar cibernético-digital”), que invitó de nuevo recientemente para conmemorar los 25 años de aquellos primeros encuentros de 1998 (Estévez, 2023). Mientras que por otro lado (“el nuevo proyectar ecológico-medioambiental”), determinados invitados, también contratados como profesores esos años, mostraban un especial acercamiento a la naturaleza que les hacía incorporar elementos vivos, biológicos, como elementos propios y conceptuales de su arquitectura, como fueron Winy Maas, Duncan Lewis, Adriaan Geuze, y también François Roche.

Y es que al autor de este artículo le llamó profundamente la atención, tras décadas de escuchar de boca de todos los arquitectos y profesores cómo sus propias obras y la arquitectura en general se presentaban unánimemente siempre referenciando primero a los creadores del Movimiento Moderno, Le Corbusier, Ludwig Mies van der Rohe, Walter Gropius, y el largo etcétera que siguió en los años 50 y 60 a modo de su continuidad, ver de pronto desfilar uno tras otro arquitectos de mediana edad de distintas partes del globo hablando primero de la biología como modelo. No como mera imitación formal sino como campo de bioinspiración y bioaprendizaje, para luego mostrar sus trabajos elaborados con herramientas digitales. O para luego introducir directamente la naturaleza viva, no como mera ornamentación sino como configuradora de la propia arquitectura. Algo así como hizo el propio Antoni Gaudí, que se bioinspiraba y bioaprendía de la naturaleza como su maestra, según él mismo declaraba, más allá de sólo imitaciones formales (Estévez, 2002). De ahí que cuando el que esto firma llevaba a los mencionados personajes a ver por primera vez en sus vidas las obras de Gaudí en Barcelona, quedaban maravillados, pues eso mismo es lo que ellos querían construir, sólo que ahora diseñado de manera enteramente digital, como también Gaudí hubiera hecho de vivir en la actualidad.

Entonces, una posible evolución del diseño y de la arquitectura biodigital podría sintetizarse brevemente de la siguiente manera:

- **Orígenes y precursores (finales de la década de los 90 y principios del siglo 21).** Pues, en definitiva, los primeros indicios de algo que podría empezar a llamarse diseño y arquitectura biodigital surgieron a finales de la década de los 90 del siglo 20 y principios del siglo 21, tal como se ha mencionado antes, cuando diseñadores y arquitectos como los consignados previamente comenzaron a explorar la integración de la naturaleza y la tecnología digital en el proceso de diseño. La biomimética, y más allá, el bioaprendizaje, el estudio de la naturaleza para obtener inspiración en el diseño, se estableció poco a poco como una disciplina influyente en este contexto.

Así las cosas, el año 2006, el autor de estas líneas empezó a definir y usar el término “arquitectura biodigital” en sus respectivas clases y conferencias invitadas por todo el mundo. Por ejemplo, el 22 de marzo del 2007, “Genetische Architektur: Die neue biodigitale Avantgarde”, en la Fachhochschule Regensburg, Universidad de Ciencias Aplicadas, Ratisbona (Alemania), o el 27 de abril del 2007, “Arquitectura en la sociedad digital: arquitecturas genéticas / arquitectura biodigital”, en la Facultad de Arquitectura, Pontificia Universidad Católica de Chile (PUC), Santiago de Chile (Chile), o el 2 de mayo del 2007, “Arquitectura biodigital”, en la Facultad de Arquitectura, Universidad Mayor, Santiago de Chile (Chile), etc. Hasta el punto de, como se ha dicho, cambiarle el nombre al Máster en Arquitecturas Genéticas para llamarle Máster en Arquitectura Biodigital. Así, desde ese momento en que hizo que tal término emergiera, han seguido numerosas sus publicaciones mencionándolo y definiéndolo. Por ejemplo en los artículos del 2008, 2009, 2010, etc. recogidos en Estévez (2015).

Igualmente, por entonces, introdujo también el término de *biolearning* (bioaprendizaje), como una mayor precisión sobre el convencionalmente usado de biomimética, y así distanciarse de la idea de ser mera imitación formalista de la naturaleza, y declarar mejor la intención de querer profundizar más en ella, aprendiendo de ella, de sus funcionalidades, tanto las de sus sistemas, procesos y sostenibilidad, como las de la percepción de belleza que los humanos tienen de la misma.

Y en esa línea de bioaprendizaje, cabe decir que quien firma este artículo, desde esa primera década del siglo 21, fue también el primero en usar el microscopio electrónico aplicado al diseño arquitectónico, el año 2007, investigando el primer nivel genético en que las células pasan de crecer de manera amorfa a organizarse en estructuras microscópicas primigenias, con la idea de que se implementen después a la escala de la arquitectura y el diseño, explicando además la conveniencia de que se realice mediante un desarrollo fractal que garantiza mayor eficiencia y sostenibilidad, sistema estructural igualmente bioaprendido, por ser una manera en que la naturaleza resuelve los cambios de escala.

- **Emergencia de la arquitectura paramétrica y generativa (principios del siglo 21).** Entonces, con un mayor desarrollo del software gráfico, la arquitectura paramétrica y generativa se convirtió en un campo en rápido crecimiento, sobre todo durante la primera década del siglo 21. Los arquitectos comenzaron a utilizar algoritmos y software para generar formas y estructuras inspiradas en principios biológicos y naturales de manera cada vez más asequible. Para ello, de nuevo como escuela pionera en España, se le encargó la docencia a Bernard Cache de TopSolid y a Dennis Dollens de Rhino, en la ESARQ, desde el año 2000. Lejos parecía quedar ya el Fortran IV, que supuso en el año 1985 la entrada del autor de este artículo al mundo de la gráfica digital, siendo durante ese curso 1985-86 la representación gráfica digital de su casa Gonzalo (Sigüenza, 1983-85: construida además bajo principios de arquitectura solar pasiva) su primer trabajo con tal herramienta, que hoy se nos antoja simpáticamente como “prehistórica”.
- **Experimentación con sistemas biológicos vivos (principios del siglo 21).** Y especialmente durante la primera década del siglo 21, se empezó a difundir también la exploración de la integración de sistemas biológicos vivos, como vegetación y microorganismos, en el

diseño arquitectónico. Los proyectos experimentales incluyeron fachadas verdes, techos vivos, sistemas de purificación de aire basados en la biofiltración, etc. Mientras quien esto firma iría mucho más allá, hasta niveles intramoleculares, siendo el primero en integrar experimentación de genética real en la arquitectura y el diseño, empezando con ello desde el año 2000 (Estévez, 2009B), logrando entre el 2003 y el 2005 sintetizar 7 limoneros bioluminiscentes para el alumbrado nocturno urbano y doméstico (primera fase del Genetic Barcelona Project, 2003-2006: *Ver Figura 1*), o por ejemplo siendo el primero en crear espacios enteros bioluminiscentes con seres vivos bacterianos (desde el 2008, en la segunda fase del Genetic Barcelona Project, 2007-2010).

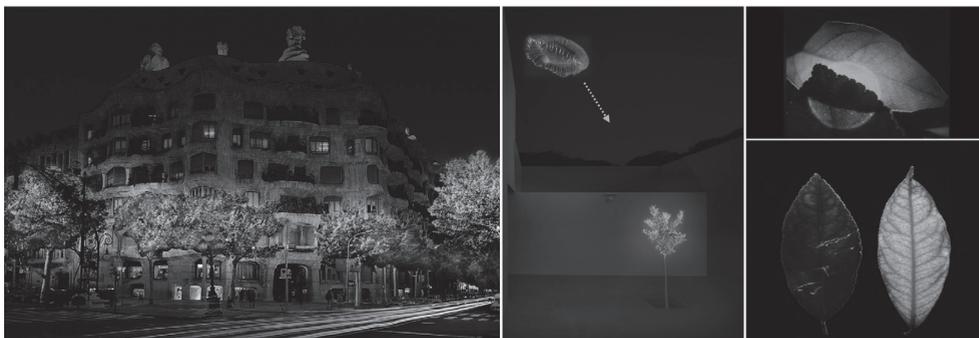


Figura 1. Diseño de sistemas biológicos vivos: Alberto T. Estévez, Proyecto Barcelona Genética, 1ª fase, 2003-2006: luz bioluminiscente para uso urbano y doméstico. Izquierda y centro: imágenes de la “mágica” luz de la GFP (con una medusa *Aequorea victoria* arriba). Derecha: comparación entre hojas del mismo tipo de limonero, sin y con GFP (mediante la introducción del gen responsable de la producción de la Green Fluorescent Protein, como originariamente tiene por ejemplo la medusa *Aequorea victoria*). Derecha, arriba, visión con ojo humano: foto tomada con una cámara réflex convencional. Derecha, abajo: foto tomada con una cámara UV especial.

Si bien su primera cubierta verde pudo ejecutarla ya mucho antes, en la casa Gómez, construida también bajo principios de arquitectura solar pasiva (Almerimar, 1993-95), proponiendo luego a tres sucesivos alcaldes de Barcelona, la entera cubrición ajardinada de sus azoteas (Green Barcelona Project, 1995-98: *Ver Figura 2*).

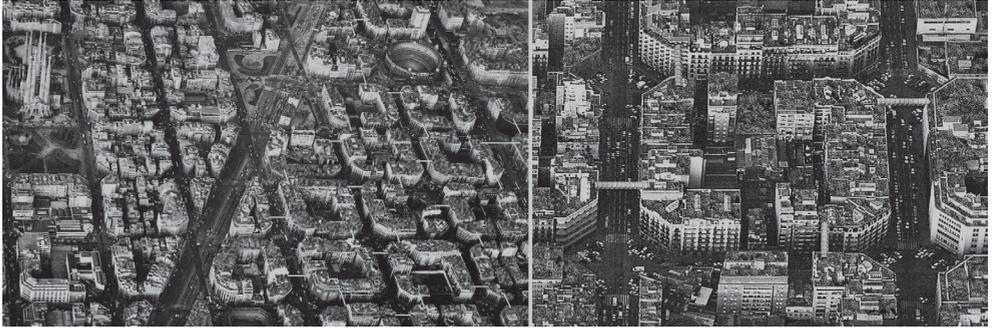


Figura 2. Diseño de sistemas biológicos vivos: Alberto T. Estévez, Green Barcelona Project, Barcelona, 1995-98. Creación de un gran parque urbano con cubiertas verdes interconectadas, en un nuevo entendimiento contemporáneo de la naturaleza, del paisaje, de las ciudades: la forma de cambiar nuestra realidad urbana, ¡con vida!

- **Desarrollo de materiales avanzados (segunda década del siglo 21-actualidad).** Los avances en materiales avanzados, como materiales inteligentes y biomateriales, abrieron nuevas posibilidades para la arquitectura biodigital. Y se desarrollaron también materiales que pueden responder a estímulos externos, autorrepararse, o tener propiedades de aislamiento térmico inspiradas en la naturaleza. Esto ha llevado al autor de este artículo, entre otras cosas, por ejemplo, a ser el primer arquitecto en trabajar con bioimpresoras (Ver Figura 3), empezando a crear estructuras con células vivas de hueso (Estévez, 2021, 2022 y 2023).

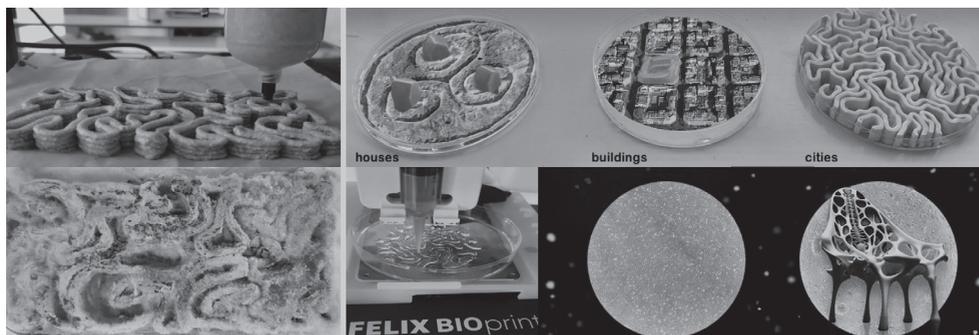


Figura 3. Diseño de materiales avanzados: Alberto T. Estévez + Yomna K. Abdallah, izquierda (arriba y abajo), ladrillo biodigital impreso digitalmente en 3D con un biocompuesto de conchas marinas reforzado con biosoldadura de micelio (*Pleurotus ostreatus*), 2023. Centro y derecha, Alberto T. Estévez (con Yomna K. Abdallah, diseñadora computacional, ingeniería de materiales y cultivo 3D de células), arquitectura construida con células vivas de hueso mediante bioimpresión digital 3D, 2021. Arriba, en el centro y a la derecha, las primeras células vivas de hueso impresas digitalmente en 3D con objetivos arquitectónicos. Debajo en el centro, bioimpresora digital 3D utilizada en el laboratorio del iBAG-UIC Barcelona para permitir el crecimiento de células de hueso con objetivos arquitectónicos, y fotografía con microscopio óptico de células de hueso de las muestras preparadas, y en el fondo negro, fotografía con microscopio de fluorescencia de las muestras preparadas (azul: células óseas vivas / verde: células óseas muertas). Abajo a la derecha, Alberto T. Estévez + Yomna K. Abdallah, visualización generada con Inteligencia Artificial de una silla de células de hueso.

- **Aplicaciones prácticas y proyectos emblemáticos (segunda década del siglo 21 - actualidad).** A medida que la tecnología y la investigación avanzaron, surgieron proyectos arquitectónicos emblemáticos que incorporaron principios de la arquitectura biodigital. Y se aplicaron conceptos de diseño biodigital en urbanismo, espacios interactivos y soluciones sostenibles en diversos proyectos en todo el mundo (Estévez, 2015 y 2021).
- **Integración con el Internet de las cosas (IoT) y la inteligencia artificial (actualidad).** La arquitectura biodigital ha comenzado también a integrarse con el Internet de las cosas (IoT) y la Inteligencia Artificial (IA) para crear edificios y espacios más interactivos, eficientes y personalizados. Sensores, sistemas de automatización y análisis de datos se utilizan para optimizar el rendimiento y la experiencia del usuario. Y mediante la Inteligencia Artificial, se está desarrollando una enorme capacidad de visualización, de manera mucho más direccionada, rápida, eficiente, original, creativa, diversa, sorprendente (Estévez & Abdallah, 2022).

En **resumen**, la evolución del diseño y de la arquitectura biodigital ha sido un proceso gradual y continuo, impulsado por avances tecnológicos, la búsqueda de soluciones sostenibles y la inspiración en la naturaleza. A medida que la disciplina sigue evolucionando, es probable que siga generando más y más soluciones innovadoras y sostenibles.

Acercamiento Inicial a los Ámbitos de Ciertas Definiciones que Eviten Malentendidos

Prácticamente ya todos los entendimientos del diseño y de la arquitectura de la vanguardia del siglo 21 tienen ejemplos proyectados y/o construidos que tanto se incluyen como se excluyen conceptualmente unos de otros. Por tanto, es sólo una revisión uno a uno de cada ejemplo arquitectónico y de diseño lo que puede entenderse dentro de una o varias de las distintas definiciones de arquitectura aquí tratadas. Así, deben hacerse ciertas distinciones en los términos que incluyen o se incluyen en el diseño y la arquitectura bidigital, según sigue aquí, visualizado en el siguiente diagrama (*Ver Figura 4*), para no faltar a la precisión terminológica, puesto que el diseño y la arquitectura bidigital es necesaria y simultáneamente biológica, digital, orgánica, genética, biomórfica y biónica. Pero no al revés, ya que hay creaciones que se resuelven en uno sólo de esos distintos entendimientos, o en varios, sin ser bidigital. Es decir:

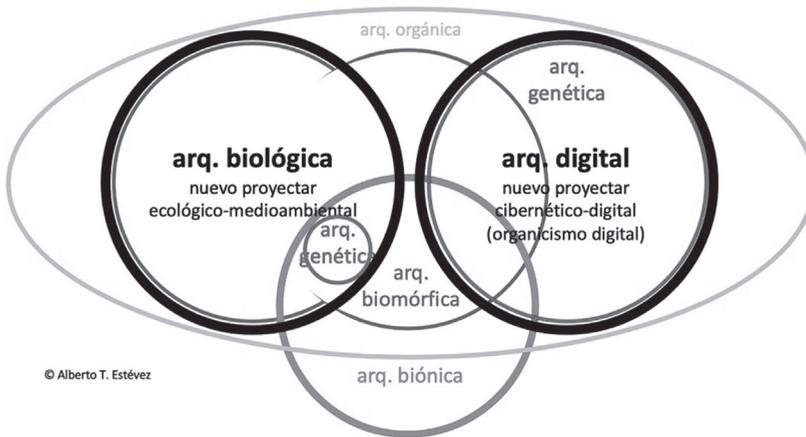


Figura 4. Diagrama de conjuntos de los distintos entendimientos, solapados o no, de la arquitectura de la vanguardia del siglo 21 (del autor).

El Diseño y la arquitectura biológica, es necesariamente orgánica y biomórfica, y no es digital, pudiendo ser biónica, y genética, o no. **El Diseño y la arquitectura digital**, es necesariamente orgánica y genética, y no es biológica, pudiendo ser biónica, y biomórfica, o no. **El Diseño y la arquitectura orgánica**, puede ser o biológica, o digital, y genética, y biomór-

fica, y biónica, o ninguna de ellas. El **Diseño y la arquitectura genética**, es necesariamente orgánica, o biológica, o digital, pudiendo ser biónica, y biomórfica, o no. El **Diseño y la arquitectura biomórfica**, es necesariamente orgánica, o biológica (genética o no), o digital y genética, pudiendo ser biónica, o no. El **Diseño y la arquitectura biónica**, es orgánica o no, y puede ser o biológica (genética o no), o digital y genética, pudiendo ser biomórfica, o no.

Algunos Conceptos de la Vanguardia Arquitectónica del Primer Cuarto del Siglo 21

• *Diseño y Arquitectura Biodigital*

El diseño y la arquitectura biodigital es una disciplina emergente, un nuevo entendimiento innovador, que utiliza tecnologías digitales y biología (sintética o no) para diseñar estructuras y sistemas arquitectónicos altamente eficientes y sostenibles, que se basan en los principios de la naturaleza, de la bioinspiración, del bioaprendizaje, y de la vida misma, así como en las posibilidades que la tecnología biológica y digital en evolución y desarrollo ofrece en cada momento. Trata entonces de combinar el diseño y la arquitectura con la biología, la informática y la ingeniería, y utiliza herramientas avanzadas de modelado y simulación para diseñar estructuras y sistemas que se adapten al entorno, responden a las necesidades de los usuarios y sean capaces de interactuar con el medio ambiente de manera dinámica y sostenible.

Entre las principales características de la arquitectura biodigital se encuentran la capacidad de adaptarse y evolucionar, la eficiencia energética, la generación de recursos, la reducción de residuos y la capacidad de integrarse con los sistemas naturales del entorno. Y entre las aplicaciones de la arquitectura biodigital se encuentran la construcción de edificios y estructuras que se integran con el paisaje y el entorno natural, la creación de espacios urbanos más sostenibles y la implementación de sistemas de generación de energía y recursos renovables.

En definitiva, el diseño y la arquitectura biodigital busca crear elementos y espacios arquitectónicos que, tras un proceso de bioaprendizaje de los propios sistemas biológicos, se inspiren y se integren en los sistemas naturales, utilizando las tecnologías biológicas y digitales como herramientas para lograrlo. En las investigaciones y prácticas de diseño, se explora cómo la biología puede inspirar y guiar el diseño arquitectónico, y cómo las tecnologías biológicas y digitales pueden ser utilizadas para materializar y optimizar esas ideas. Considerando que la naturaleza ofrece una amplia gama de soluciones eficientes y adaptativas, que pueden ser aplicadas en el diseño de elementos, edificios y entornos construidos (*Ver Figura 5*).

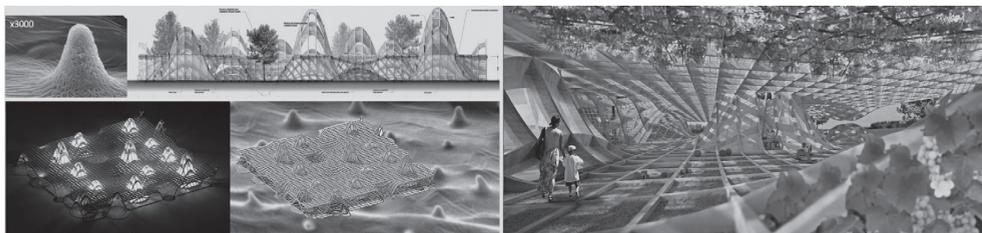


Figura 5. Diseño de arquitectura biodigital: Alberto T. Estévez, edificio de kindergarten, Vilobí del Penedès, 2009. Una gran pérgola de parras de uva, en una famosa zona vitícola, integra el conjunto de espacios y patios en una continuidad de paraboloides e hiperboloides (derecha), para su fabricación digital. Del bioaprendizaje a las herramientas digitales: un estudio previo de una hoja, con el microscopio electrónico, revela a 800x y 3000x aumentos el paisaje deseado para este proyecto (izquierda, arriba y abajo, con la imagen superpuesta del edificio, y una sección-alzado del mismo, arriba en el centro).

La arquitectura biodigital implica la aplicación de conceptos biológicos, como la evolución, la adaptación y los sistemas vivos, en el proceso de diseño arquitectónico. Utiliza herramientas digitales, como la modelización paramétrica, la fabricación digital y la simulación, para crear estructuras, formas y sistemas constructivos que siguen estrategias biológicas y se adaptan a las necesidades específicas del entorno y los usuarios. Y cabe destacar la importancia de la interacción entre la arquitectura biodigital y su entorno. Ya que los elementos y edificios biodigitales pueden establecer una relación simbiótica con el medio ambiente, respondiendo a los cambios climáticos, optimizando el uso de energía y recursos, y estableciendo una conexión más profunda con la naturaleza circundante de la que aprenden.

• *Arquitecturas Genéticas*

Arquitecturas genéticas, en el contexto de la arquitectura y el diseño, se refiere a la aplicación de algoritmos genéticos y técnicas computacionales para generar, optimizar y desarrollar soluciones arquitectónicas. Este enfoque combina principios de biología, informática y diseño para crear diseños innovadores y eficientes inspirados en procesos naturales. A su vez, arquitecturas genéticas puede entenderse como literalmente la aplicación real de la genética a la arquitectura, pues mediante modificaciones genéticas en seres vivos podrían estos configurarse como espacios habitables para humanos, o como elementos útiles en el ámbito doméstico y urbano. Es en este aspecto de genética biológica en el que el autor que esto firma ha sido el primero en aplicarlo de manera real a objetivos arquitectónicos (Estévez, 2015 y 2021), desde que el año 2000 montara el primer grupo de investigación y laboratorio de arquitectura genética (biológica y real) del mundo, integrado por arquitectos y genetistas juntos. Y es el diseño y la arquitectura biodigital la que integraría

ambas versiones de arquitecturas genéticas, la de desarrollos biológicos y la de desarrollos digitales.

El concepto de arquitecturas genéticas, aparte de nacer al entender que tanto lo biológico como lo digital se rigen por leyes igualmente genéticas de cadenas de información, las del ADN y del software, según se ha consignado anteriormente, se inspira también en la forma en que los organismos biológicos evolucionan y se adaptan a su entorno a través del proceso de selección natural, que sin embargo conlleva largos periodos de tiempo. Y tratando ahora específicamente de arquitecturas genéticas digitales, los algoritmos genéticos simulan el mencionado proceso biológico, empleando generaciones iterativas de soluciones de diseño, donde cada generación se somete a evaluación, selección y mutación o recombinación para producir iteraciones mejoradas en apenas minutos. Así, surgen distintos beneficios y posibilidades en el ámbito de la arquitectura y del diseño:

- **Exploración y optimización del diseño.** Los algoritmos genéticos permiten a los arquitectos y diseñadores explorar una amplia gama de posibilidades de diseño. Al definir el espacio del problema, establecer restricciones y especificar objetivos de diseño, el algoritmo puede generar y evaluar numerosas variaciones de diseño, lo que permite una exploración más completa del espacio de diseño. Este proceso iterativo puede conducir a la optimización de los parámetros de diseño, como la forma, la estructura, el uso de materiales y el rendimiento energético.
- **Soluciones innovadoras.** Las arquitecturas genéticas fomentan el pensamiento no convencional y el descubrimiento de soluciones de diseño novedosas. Al aprovechar los principios evolutivos, el algoritmo puede producir diseños inesperados que podrían no haberse considerado a través de los procesos de diseño tradicionales. Estas soluciones de diseño y arquitectónicas únicas a menudo desafían las convenciones de diseño establecidas y pueden conducir a resultados innovadores e inspiradores.
- **Diseño adaptativo.** Las arquitecturas genéticas pueden generar diseños que se adapten y respondan a las condiciones ambientales cambiantes. Al incorporar mecanismos de retroalimentación y evaluación, el algoritmo puede ajustar los parámetros de diseño para optimizar el desempeño, la eficiencia energética y la comodidad de los ocupantes. Este enfoque adaptativo se alinea con los principios del diseño sostenible y promueve la resiliencia frente a las necesidades y desafíos cambiantes.
- **Integración multidisciplinar.** Las arquitecturas genéticas facilitan la integración de diversas disciplinas en el proceso de diseño. Al incorporar datos de campos como la ingeniería estructural, el análisis ambiental, la planificación urbana y las preferencias del usuario, el algoritmo puede generar diseños que consideren múltiples factores simultáneamente. Este enfoque multidisciplinario fomenta la colaboración y permite a los arquitectos y diseñadores abordar problemas de diseño complejos de manera integral.
- **Eficiencia de tiempo y recursos.** Las arquitecturas genéticas pueden optimizar el proceso de diseño y reducir el consumo de tiempo y recursos. Al automatizar la generación y evaluación de soluciones de diseño, el algoritmo puede reducir significativamente el esfuerzo manual requerido para la exploración del diseño. Esta eficiencia permite a los arquitectos y diseñadores iterar rápidamente a través de múltiples iteraciones de diseño y tomar decisiones informadas basadas en los datos generados.

Y vale la pena señalar que las arquitecturas genéticas no reemplazan la creatividad y la experiencia humanas, sino que aumentan y mejoran el proceso de diseño. Los arquitectos y diseñadores siguen desempeñando un papel crucial en la definición de los objetivos de diseño, las restricciones y la evaluación de las soluciones generadas. El algoritmo sirve como herramienta computacional, ayudando en la generación y optimización de opciones de diseño mientras aprovecha el poder de los principios evolutivos.

En conclusión, las arquitecturas genéticas ofrecen un enfoque prometedor para la arquitectura y el diseño al incorporar principios de biología, informática y diseño. Al simular procesos evolutivos, estos algoritmos permiten a los diseñadores explorar soluciones innovadoras, optimizar los parámetros de diseño y crear diseños adaptables y eficientes en recursos. A medida que avanza la tecnología, las arquitecturas genéticas tienen el potencial de revolucionar la forma en que concebimos, creamos e interactuamos con nuestro entorno construido.

• *Bioaprendizaje (Biolearning)*

El bioaprendizaje trata de adquirir conocimientos y comprensión de conceptos, principios y sistemas propios de la biología. Implica el estudio de los organismos vivos, su estructura, forma y función, características y propiedades, comportamiento e interacciones con el medio ambiente, así como su efecto sobre las necesidades del ser humano: también las emocionales, por entender a través de ellos incluso “la ciencia de la belleza”. El bioaprendizaje abarca a su vez varios subcampos de la biología, como la biología molecular, la genética, la ecología, la evolución, la fisiología y muchos más. El bioaprendizaje ha cobrado una importancia significativa en los últimos años debido a los avances en la investigación biológica, la creciente necesidad de profesionales en la industria de las ciencias de la vida, y la creciente conciencia del impacto beneficioso de la biología en varios aspectos de nuestra sociedad. Así, el bioaprendizaje desempeña un papel crucial en la configuración de nuestra comprensión del mundo natural, abordando los desafíos globales y mejorando la salud y el bienestar humanos (físico y metafísico), al entender y aplicar las ventajas que la biología ofrece. Y este debe darse de primera mano, ante una confrontación directa con la naturaleza. Si bien hoy en día puede darse también en laboratorios y a través de Internet, especialmente para poder cubrir distintos aspectos que no es posible obtenerlos cara a cara en la naturaleza. Observando cómo son los organismos vivos y cómo se adaptan e interactúan con su entorno se pueden descubrir estrategias eficientes para lograr una arquitectura y un diseño más sostenibles. Esto se basa en la idea de que la naturaleza ha evolucionado durante millones de años y ha desarrollado soluciones eficientes y sostenibles que pueden inspirar nuevas formas de diseño y construcción.

Por otro lado, el bioaprendizaje promueve un enfoque interdisciplinario al integrar la biología con otras disciplinas científicas, como la química, la física, las matemáticas y la informática. Esta integración ayuda a comprender la interconexión de diferentes campos y desarrollar una perspectiva holística sobre los fenómenos biológicos. También permite la aplicación de herramientas y técnicas computacionales en la investigación biológica, lo que lleva al surgimiento de campos como la bioinformática y la biología computacional.

Así, los beneficios del bioaprendizaje son enormes. Equipa a las personas con el conocimiento y las habilidades necesarias para carreras en varios campos, incluida la medicina, la biotecnología, la conservación del medio ambiente, la agricultura y la educación. Además, el bioaprendizaje promueve la alfabetización científica, lo que permite a las personas tomar decisiones informadas sobre temas relacionados con la biología, como la atención médica, la ingeniería genética, el cambio climático y la conservación de la biodiversidad.

En conclusión, el bioaprendizaje juega un papel crucial en el fomento de nuestra comprensión del mundo vivo y sus complejidades. Abarcando enfoques interdisciplinarios para promover la adquisición de conocimientos, el pensamiento crítico y las habilidades para resolver problemas. Al participar en el bioaprendizaje, las personas obtienen las herramientas para contribuir a los avances científicos, abordar los desafíos globales y tomar decisiones informadas en un mundo cada vez más interconectado biológicamente.

Específicamente, el bioaprendizaje, en arquitectura y diseño, se refiere a la integración de principios y procesos biológicos en los aspectos creativos y técnicos de estas disciplinas. Implica estudiar y comprender las estrategias, los sistemas y los patrones de la naturaleza para informar el diseño y la construcción de entornos construidos sostenibles e innovadores. Al aprovechar el poder de la biología, los arquitectos y diseñadores pueden crear estructuras que sean más eficientes energéticamente, resistentes y en armonía con el mundo natural y la sociedad humana.

El bioaprendizaje no trata de copiar directamente las formas y estructuras de la naturaleza sin más, sino que trata de comprender los principios subyacentes y adaptarlos creativamente a las necesidades humanas y las posibilidades tecnológicas.

En resumen, el bioaprendizaje en la arquitectura y el diseño implica aprender de la naturaleza y aplicar los principios biológicos en la práctica arquitectónica para crear entornos construidos más sostenibles y en armonía con el medio ambiente. Esto se centra en la comprensión profunda de las estrategias biológicas y su adaptación creativa a las necesidades humanas y culturales. En definitiva, al aprender de la naturaleza y sus sistemas complejos, se está revolucionando la forma en que se piensa la arquitectura y el diseño, creando un entorno construido más sostenible y armonioso, de mayor bondad y belleza (*Ver Figura 6*).



Figura 6. Diseño desde el bioaprendizaje: Alberto T. Estévez, edificio biodigital de antena de telecomunicaciones y mirador, Santiago de Chile, 2013-14. Creado digitalmente como construcción fractal, autosuficiente energéticamente, merced a captadores solares esféricos Beta-ray, y creado a modo de máquina purificadora de aire (izquierda). Aprendiendo de la fractalidad de, por ejemplo, los árboles (centro), o los dientes de león (derecha: secuencia de imágenes de microscopio electrónico que desvelan la fractalidad del diente de león, a 1x, 90x, 271x, 1.000x, y 4.000x aumentos), se genera un sistema fractal de dobles ángulos de 60 grados, desarrollado en 8 generaciones (abajo izquierda), que queda conformado por un total de 3.276 barras cilíndricas huecas, con filtros interiores y ventiladores para la absorción del aire circundante. El bar-restaurante, la tienda, y otros servicios, se sitúan dentro de cúpulas “vivas” con estructuras circulares entrecruzadas de buganvillas de distintos colores, a modo de pérgolas abiertas. Frente a “la casa es una máquina para vivir” del siglo 20 de Le Corbusier emerge “la casa es una máquina para activar la sostenibilidad” del siglo 21.

Organicismo digital

El organicismo digital es un término utilizado por el autor de este escrito en sus clases y conferencias desde finales de los 90, y que acabaría publicándolo por primera vez en el capítulo “Arquitectura biomórfica” (Estévez, 2005). A partir de entonces ya aparece repetidamente en sus publicaciones. Es un concepto que combina los principios de los sistemas orgánicos que se encuentran en la naturaleza con las tecnologías digitales para crear entornos construidos innovadores. Explora la integración de herramientas computacionales, técnicas de diseño paramétrico, biomímesis o bioaprendizaje para desarrollar soluciones arquitectónicas que emulan el crecimiento, la adaptabilidad y la sustentabilidad de los organismos naturales. En esencia, el organicismo digital reconoce que los sistemas biológicos han evolucionado durante millones de años para ser eficientes y adaptados. Al estudiar y comprender los principios subyacentes de la naturaleza, los arquitectos y diseñadores pueden aplicar estos conceptos al proceso de diseño, creando estructuras y espacios que respondan a su contexto, usuarios y condiciones ambientales.

Estos son algunos aspectos clave del organicismo digital en la arquitectura y el diseño:

- **Biomímesis.** El organicismo digital se inspira en las formas, los procesos y los sistemas de la naturaleza. Al observar cómo los organismos se adaptan y responden a su entorno,

los arquitectos y diseñadores pueden replicar estas estrategias en sus diseños. Esto puede implicar emular los sistemas estructurales que se encuentran en las plantas, las técnicas de termorregulación de los animales o las propiedades de autocuración de ciertos organismos. Al imitar la naturaleza, los edificios y los diseños pueden volverse más sostenibles, energéticamente eficientes y resistentes. Si bien puede que algunos diseñadores y arquitectos simplemente imiten las formas naturales, sin aprendizaje alguno de mayor profundidad.

- **Diseño paramétrico.** El organicismo digital a menudo emplea técnicas de diseño paramétrico, que utilizan algoritmos y herramientas computacionales para generar formas arquitectónicas complejas y adaptables. Estas herramientas permiten a los diseñadores crear estructuras que respondan a diversos factores, como la exposición solar, los patrones de viento y la comodidad de los ocupantes. El modelado paramétrico permite la exploración de múltiples opciones de diseño, iteración y optimización en función de criterios de rendimiento. Sin embargo, como se ha comentado, podría darse que el uso del diseño paramétrico sea de aplicación meramente formal, sin mayor desarrollo de las otras cuestiones que el diseño y la arquitectura debe resolver.

- **Diseño generativo.** El diseño generativo, un aspecto clave del organicismo digital, implica el uso de algoritmos y procesos computacionales para crear soluciones de diseño. Al definir los parámetros de diseño, las restricciones y los objetivos, el algoritmo puede explorar una amplia gama de posibilidades, lo que a menudo conduce a resultados de diseño no convencionales e innovadores. Este enfoque permite a los arquitectos y diseñadores alejarse de las soluciones estáticas y predeterminadas y, en cambio, participar en un proceso de diseño iterativo y adaptativo.

- **Sostenibilidad y eficiencia.** Evidentemente, el organicismo digital puede promover también la sostenibilidad mediante la integración de sistemas, materiales y técnicas de construcción energéticamente eficientes. Al emular las estrategias de utilización de recursos y eficiencia de la naturaleza, los arquitectos y diseñadores pueden crear edificios que minimicen el consumo de energía, reduzcan los desechos y optimicen el uso de materiales. Además, la adaptabilidad y la capacidad de respuesta del organicismo digital pueden ayudar a los edificios a adaptarse a las condiciones ambientales cambiantes y reducir su huella ecológica.

Sin embargo, una obra queda igualmente adscrita al organicismo digital sin todo ello, por muy “tonta” que esta sea, pues la única condición mínima para pertenecer a tal entendimiento del diseño y de la arquitectura es crear formas orgánicas mediante herramientas digitales. Claro que hacer simplemente tal cosa, a modo de imitación descerebrada, no es lo ideal, pues el organicismo digital puede aprovechar las capacidades de la tecnología digital para generar soluciones innovadoras y eficientes, merced al uso de algoritmos, modelado paramétrico, fabricación digital y otras herramientas digitales para explorar nuevas geometrías, estructuras y sistemas constructivos que sean inspirados por la naturaleza, pero que también incorporen las ventajas tecnológicas.

Entonces, el organicismo digital puede conducir a la creación de espacios arquitectónicos que se adapten a las necesidades cambiantes de los usuarios, optimicen el consumo de energía, aprovechen los recursos disponibles y establezcan una conexión más profunda con el entorno natural. Esto es lo que representa una oportunidad para desarrollar un dise-

ño y una arquitectura más sostenible, funcional y estéticamente interesante (*Ver Figura 7*). Pues, como se ha dicho, no sólo se trata de imitar las formas de la naturaleza, sino que, tal como decía Gaudí se trata más bien de descubrir las leyes secretas del universo y construir belleza, a la vez que se trata de capturar los principios y procesos subyacentes en la naturaleza que pueden ser mejorados y materializados mediante el uso de herramientas digitales.

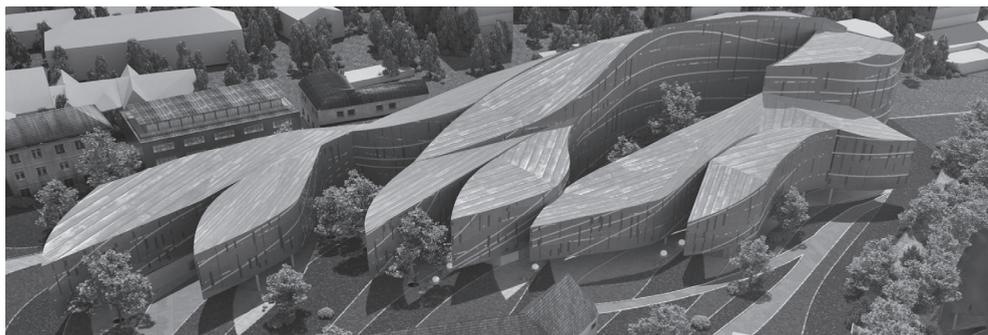


Figura 7. Diseño enmarcado en el organicismo digital: Alberto T. Estévez, edificio biodigital de viviendas de arquitectura solar pasiva, Innsbruck, 2016-17. Continuidad orgánica, unidad, coherencia, complejidad, dinamismo, armonía y belleza, todo garantizado por el software usado, mediante force fields y attractors, digitalmente diseñado con modelos procedentes de una bioinspiración y un bioaprendizaje de la naturaleza, como son las vetas y texturas de la madera cortada, en este caso escapando de los vientos dominantes locales y moviéndose hacia el sol.

Así las cosas, ciertamente, el diseño y la arquitectura biodigital y el organicismo digital están relacionados de manera cercana, ya que ambos pueden compartir elementos comunes en cuanto a su inspiración, visión y desarrollo. Ambos hacen un uso intensivo de la tecnología digital, herramientas de diseño computacional para modelar y simular sistemas biológicos en la arquitectura, algoritmos y técnicas de diseño generativo para crear formas complejas y orgánicas. Pero no todo diseño y arquitectura del organicismo digital es biodigital. Por ejemplo, aunque, usando necesariamente ambos la tecnología digital, el diseño y la arquitectura biodigital se centra en el bioaprendizaje, así como en la posible incorporación de elementos biológicos vivos, como vegetación, y sistemas naturales en el diseño, mientras que el organicismo digital podría centrarse sólo en la generación de formas y estructuras a través de algoritmos y procesos computacionales, inspirados en la naturaleza o no.

Es decir, la característica más importante que diferencia a ambos términos es que el organicismo digital podría optar por una vía de abstracción total que no provenga de la

observación, bioaprendizaje e inspiración de la naturaleza, sino que se desarrolle desde la inmanencia de los elementos puramente matemáticos y computacionales. Si bien ambas sólo pueden llamarse propiamente “orgánicas” en el caso de que sus formas sean continuas en la solución de las diversas funcionalidades requeridas para cada caso, tal como sucede en la naturaleza.

Conclusiones en Torno a lo Biodigital: Sobre la Fusión Entre lo Biológico y lo Digital

En definitiva, la fusión entre lo biológico y lo digital en arquitectura y diseño es importante y relevante por varias razones que abarcan tanto aspectos prácticos como conceptuales. Aquí están algunas de las principales razones:

- **Innovación y creatividad.** La convergencia de lo biológico y lo digital abre nuevas posibilidades creativas e innovadoras en el diseño arquitectónico. Al combinar elementos naturales y orgánicos con tecnologías digitales avanzadas, los diseñadores pueden crear estructuras y espacios únicos que antes eran impensables.
- **Sostenibilidad y resiliencia.** Integrar lo biológico en el diseño digital puede ayudar a mejorar la sostenibilidad de los edificios y las ciudades. Los sistemas biológicos pueden inspirar soluciones que sean más eficientes en el uso de recursos, que reduzcan el consumo energético y que estén más en armonía con el medio ambiente: soluciones que reduzcan el impacto ambiental y ayuden a enfrentar desafíos como el cambio climático y la urbanización masiva.
- **Adaptabilidad y respuesta al entorno.** Los sistemas biológicos son inherentemente adaptables y evolucionan en respuesta a su entorno, aunque sea en largos lapsos de tiempo. Al incorporar esta cualidad en el diseño digital, las estructuras pueden ajustarse y responder a cambios ambientales, climáticos y sociales, aumentando así su resiliencia.
- **Integración más profunda de la naturaleza, interacción humana y bienestar.** La presencia de elementos biológicos puede mejorar la experiencia humana en un entorno digitalmente construido. Por ejemplo, la presencia de vegetación o elementos naturales puede tener efectos positivos en la salud mental y física de las personas que habitan o utilizan esos espacios. La arquitectura biodigital podría impulsar una mayor integración de la naturaleza en el entorno construido. Los edificios podrían diseñarse con fachadas vivas, techos verdes y sistemas biológicos incorporados para mejorar la calidad del aire, la eficiencia energética y la salud de los ocupantes.
- **Biomimética, bioaprendizaje y eficiencia.** La naturaleza ha evolucionado durante millones de años, optimizando diseños y procesos. La biomimética y el bioaprendizaje se basan en el estudio de la naturaleza para inspirar soluciones eficientes y adaptativas en el diseño arquitectónico, que, si se realiza con técnicas digitales aumenta significativamente su eficacia, tanto en los procesos como en los resultados.
- **Interacción, Internet de las cosas (IoT) y sensores.** La intersección entre la arquitectura biodigital, el diseño y el Internet de las cosas podría llevar a la creación de edificios y ob-

jetos inteligentes y altamente interactivos. Los sensores y la conectividad podrían permitir que los objetos y las estructuras se adapten y respondan en tiempo real a las necesidades de los usuarios. Así, la integración de lo digital permite la instalación de sensores y sistemas inteligentes que optimizan el funcionamiento de los edificios, mejorando la eficiencia energética y proporcionando datos en tiempo real para tomar decisiones informadas sobre el mantenimiento y la gestión. A su vez, pueden igualmente aplicarse sensores biológicos para determinadas ocasiones.

- **Espacios interactivos y experienciales.** La tecnología digital puede transformar espacios en entornos interactivos y experienciales, donde los usuarios pueden participar activamente y tener experiencias inmersivas.

- **Docencia, investigación y experimentación.** Avances en materiales y fabricación. El diseño y la arquitectura biodigital deberían convertirse en campos de investigación y enseñanza más consolidados en las universidades y centros educativos. Esto fomentaría la creación de una nueva generación de diseñadores y arquitectos con una perspectiva más integradora y sostenible. Pues la fusión de lo biológico y lo digital abre oportunidades para la investigación y experimentación con nuevos materiales, técnicas constructivas y formas arquitectónicas, más eficientes, más sostenibles y más bellas. Los avances en materiales avanzados y técnicas de fabricación, como la biofabricación y la impresión 4D, podrían llevar a la creación de objetos y edificios que pueden auto-repararse, adaptarse al entorno y cambiar con el tiempo.

- **Diseño generativo y personalización.** El diseño biodigital podría permitir una mayor personalización de productos y edificios. Mediante algoritmos generativos y tecnologías de impresión 3D avanzadas, los objetos y las estructuras podrían adaptarse a las necesidades individuales y contextuales de los usuarios.

- **Colaboración multidisciplinaria.** El futuro podría ver una mayor colaboración entre arquitectos, diseñadores, científicos, biólogos, ingenieros y tecnólogos. Esta colaboración multidisciplinaria permitiría la creación de soluciones más innovadoras y holísticas.

En resumen, la fusión entre lo biológico y lo digital en arquitectura y diseño ofrece un enfoque integrador que combina la sabiduría de la naturaleza con las capacidades tecnológicas avanzadas. Esto no sólo mejora la funcionalidad y la estética de los espacios construidos, sino que también responde a desafíos actuales como la sostenibilidad, la resiliencia y el bienestar humano en un mundo cada vez más tecnológico y urbanizado. En última instancia, el futuro del diseño y de la arquitectura biodigital dependerá de la voluntad de la sociedad para abrazar la innovación y la sostenibilidad en el entorno construido. A medida que la tecnología avanza y la conciencia sobre la importancia de la sostenibilidad crece, estos enfoques podrían desempeñar un papel cada vez más relevante en la creación de un mundo más armonioso con la naturaleza y más adaptado a las necesidades cambiantes de la humanidad: las ciudades serán 50% biológicas y 50% digitales, o no serán (Ver Figura 8).

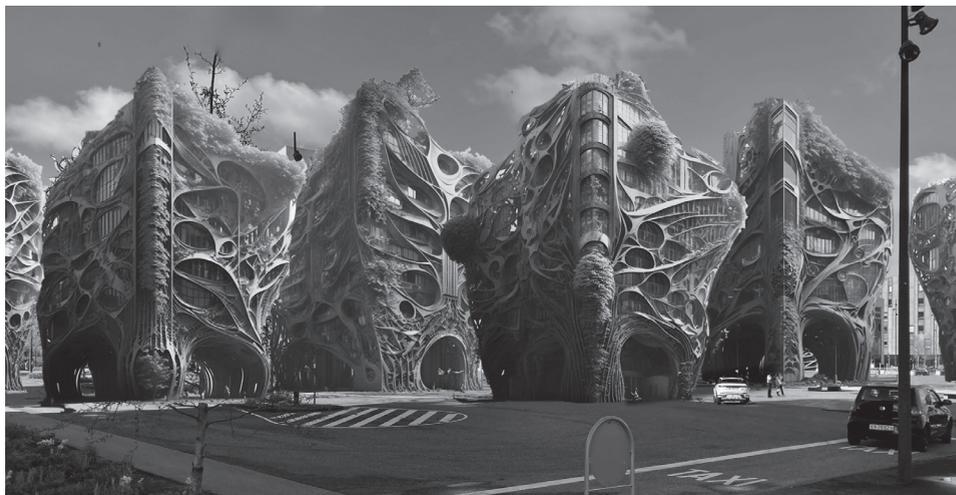


Figura 8. Diseñando para nuestro planeta: Alberto T. Estévez + Yomna K. Abdallah, Ciudad Biodigital, 2022 (edificios autosuficientes generados con Inteligencia Artificial y biología). Frente a la “Ciudad Funcional” del siglo 20 de Le Corbusier emerge la “Ciudad Biodigital” del siglo 21: “La ciudad será 50% biológica y 50% digital, o no será”.

Referencias Bibliográficas

- Estévez, A.T. (2002). *Gaudí*, Madrid: Susaeta.
- Estévez, A.T. (ed.). (2003). *Genetic Architectures / Arquitecturas Genéticas*, Santa Fe (EE.UU.) / Barcelona: SITES Books / ESARQ-UIC Barcelona.
- Estévez, A.T. (ed.). (2005). *Genetic Architectures II: digital tools and organic forms / Arquitecturas genéticas II: medios digitales y formas orgánicas*, Santa Fe (EE.UU.) / Barcelona: SITES Books / ESARQ-UIC Barcelona.
- Estévez, A.T. (ed.). (2009A). *Genetic Architectures III: new bio & digital techniques / Arquitecturas genéticas III: nuevas técnicas biológicas y digitales*, Santa Fe (EE.UU.) / Barcelona: SITES Books / ESARQ-UIC Barcelona.
- Estévez, A.T. (2009B). *Al margen: Escritos de Arquitectura*, Madrid: Abada Editores.
- Estévez, A.T. (2015). *Biodigital Architecture & Genetics: writings / escritos*. Barcelona: ESARQ-UIC Barcelona, Barcelona.
- Estévez, A.T. (2021). *Biodigital Architecture & Genetics: writings 2 / escritos II*. Barcelona: iBAG-UIC Barcelona.
- Estévez, A.T. & Abdallah, Y.K. (2022). *AI to Matter-Reality: Art, Architecture & Design*, Barcelona: iBAG-UIC Barcelona.
- Estévez, A.T. (ed.). (2023). *5th International Conference for Biodigital Architecture & Genetics*. Barcelona: iBAG-UIC Barcelona.

Estévez, A.T. & Abdallah, Y.K. (2024, en preparación). *Biodigital: When Bio met Digital, in architecture & design*. Barcelona: iBAG-UIC Barcelona.

Abstract: This paper attempts to clarify, define and circumscribe the term “biodigital”, which from bioinspiration and biolearning draws from the bowels of the digital a new “language” for architecture and design, in the manner of digital organicism: a fusion between the biological and the digital, relevant for reasons that encompass both practical and conceptual aspects. New understandings of architecture and design, which could be concluded as already consolidated at this point in the century, although still at the beginning of the third millennium, but with everything necessary to be perceived as the most appropriate to the signs of our times, to our Zeitgeist. Well, this article attempts to build on the research, teaching and professional experience of its author, after 40 years of professional and academic career, since he graduated as an architect in 1983. Thus, these lines are written based on some of his thoughts and conclusions, after these years of study, projects, works, actions and consequent academic discussions all over the world. On the other hand, it will be noted that some repetitions are introduced throughout this text, in order to emphasise certain concepts, and to synthesise them as a summary at the end of their respective presentations, which will allow the reader to fix them better.

Keywords: Biodigital - Genetic architectures - Bioinspiration - Biolearning - Digital organicism - New ecological-environmental planning - New cybernetic-digital planning

Resumo: Este artigo procura clarificar, definir e circunscrever o termo “biodigital” que, a partir da bioinspiração e da bioaprendizagem, extrai das entranhas do digital uma nova “linguagem” para a arquitetura e o design, à maneira do organicismo digital: uma fusão entre o biológico e o digital, relevante por razões que englobam aspectos práticos e conceptuais. Novos entendimentos da arquitetura e do design, que se poderiam concluir como já consolidados nesta altura do século, embora ainda no início do terceiro milénio, mas com tudo o que é necessário para serem entendidos como os mais adequados aos sinais do nosso tempo, ao nosso Zeitgeist. Pois bem, este artigo procura construir-se a partir da experiência de investigação, ensino e profissional do seu autor, após 40 anos de carreira profissional e académica, desde que se formou arquiteto em 1983. Assim, estas linhas são escritas com base em algumas das suas reflexões e conclusões, após estes anos de estudo, projectos, obras, acções e consequentes discussões académicas por todo o mundo. Por outro lado, notar-se-á que algumas repetições são introduzidas ao longo deste texto, com o intuito de enfatizar determinados conceitos, e sintetizá-los como um resumo no final das respectivas apresentações, o que permitirá ao leitor fixá-los melhor.

Palavras-chave: Biodigital - Arquitecturas genéticas - Bioinspiração - Bioaprendizagem - Organicismo digital - Novo planeamento ecológico-ambiental - Novo planeamento cibernético-digital
