

Arquitectura y diseño biodigital, siglo 21: “del ADN al planeta”

Alberto T. Estévez ⁽¹⁾

Resumen: El Zeitgeist del siglo 21, y los signos de nuestro tiempo, merecen la debida atención también desde el Diseño, la Arquitectura, el Urbanismo y el Arte, es decir, desde estas disciplinas que nos son propias. Y en el momento en que el ser humano ha empezado a ser consciente de la aparición del llamado Antropoceno, se requieren entonces consideraciones y acciones ya radicalmente distintas a cómo se han vivido las cosas hasta ahora. Y más cuando estas han cambiado tanto en tan poco tiempo, que casi no ha habido ni tiempo de un correcto análisis y asimilación. Así, mientras el Movimiento Moderno del siglo 20 trabajó para diseñar “de la cuchara a la ciudad”, nosotros, los habitantes del siglo 21, para mejor hacer frente a los enormes desafíos actuales, ya podemos trascender ese trabajo sólo en la superficie de las cosas, como se venía haciendo desde hace milenios. Ahora, con las actuales posibilidades tecnológicas es el momento de diseñar “del ADN al planeta”. Desde la célula y el bit hasta el Sistema Solar, pasando por todas las escalas intermedias. Se muestran entonces en este escrito algunos de los proyectos y obras multiescalares y transdisciplinarios de Alberto T. Estévez, “del ADN al planeta”. Páginas que en tal línea presentan en breve algunos de los hitos más singulares alcanzados por la arquitectura y el diseño, que al fin y al cabo son puertas a fronteras insólitas del conocimiento, con la esperanza de haber servido para ampliar los campos y horizontes de la arquitectura y el diseño, en beneficio de nuestro planeta y de la entera humanidad.

Palabras clave: Arquitectura biodigital - Diseño biodigital - Organicismo digital - Biología y Computación - Biológico y Digital - Genética - Ecología integral - Inteligencia natural e Inteligencia artificial - Bio-learning y Machine-learning - Bio-manufacturing y Digital-manufacturing

[Resúmenes en inglés y portugués en las páginas 113-114]

⁽¹⁾ **Alberto T. Estévez** es Arquitecto (UPC, 1983; llegando a ser el arquitecto más joven de España), Doctor en Ciencias (Arquitectura, UPC, 1990: *Cum Laude*), Historiador del Arte (UB, 1994: Premio Extraordinario Fin de Carrera), Doctor en Letras (Historia del Arte, UB, 2008: *Cum Laude*), con oficina de arquitectura y diseño en Barcelona (1983-hoy). Casi 40 años de docencia e investigación entre las universidades de TUWien, HSAK Vienna, UB, Elisava-UPF, UDEM y UIC Barcelona. Fundador y primer Director de la ESARQ (School of Architecture-UIC Barcelona, 1996), donde ejerce como Catedrático de Arquitectura hasta hoy. 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. Así como impulsor del Máster de Cooperación Internacional con Alex Levi y Amanda Schachter (UIC, 2004-hoy). Con más de dos centenares de 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 lo es de otras 8 en proceso, junto a haberlo sido igualmente de más de cien tesis de máster y tesis de grado (Trabajos Fin de Máster y Trabajos Fin de Grado). Y con 6 sexenios de investigación oficialmente reconocidos en el Área de Proyectos Arquitectónicos por las correspondientes agencias de calidad gubernamentales. 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).

Introducción

Está claro, y no es ya ningún misterio para nadie, es conocimiento común hasta en el más recóndito rincón, que tal como está el planeta hoy en día, nuestras acciones deben estar bien alineadas con su sostenibilidad global. Antes las cosas estaban menos definidas, pero ahora hasta la Organización de las Naciones Unidas ha concretado para todo el mundo en 17 los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ONU, 2015), que no hacen más que declarar casi que solemnemente la necesidad de una “ecología integral”: los dramáticos problemas ecológicos que estamos viviendo sólo pueden resolverse con una mirada y una acción que integre también la solución de los dramáticos problemas sociales que igualmente estamos viviendo. En definitiva, es imposible ya disociar unos de otros.

Y ante tal panel institucional, del más alto nivel, el peligro es que se vea muy lejano y elevado, o “político”, y que quede como mera teoría, como objetivos utópicos. O que uno se desentienda por suponer que está en manos de los gobiernos, y que ya ellos harán algo. Así que nos encogemos de hombros y seguimos con nuestra rutina diaria, que incluye la queja de que los políticos no hacen nada para resolver este grandísimo reto ecológico-social. Sin embargo, el espíritu debe ser otro. El *Zeitgeist*, el espíritu de nuestro tiempo, ya es global y colectivo, solidario y de acción popular, voluntarista y generoso. Y el que no actúa de esta manera está fuera de nuestro tiempo, sigue en el pasado. Ningún político, ningún *deus ex machina* nos va a arreglar en lo que cada uno de nosotros y nosotras debe implicarse personalmente. Ni siquiera nos debe preocupar que haya quién se reserve sus riquezas acumuladas para sí mismo. Se pudrirá igualmente en unos años. En menos de los que le gustaría. Sólo que sin haber participado con todas sus fuerzas en la magna y entusiasmante obra que es hacer de este planeta lo que puede y debe ser, para todos y todas, un paraíso en medio de un inerte universo.

Pues, esto es lo que realmente aletea detrás, impulsa y justifica todo lo que sigue en estas páginas (Ver Figura 1). Desde algo tan inmediato y simple (pero complejo a la vez) como pensar ¿quién soy? Y luego, ¿hacia dónde vamos? Y por tanto seguir con un ¿qué puedo hacer? En nuestro caso, somos arquitectos y diseñadores, pero también investigadores y profesores. Entonces, aparte de lo que cualquiera pueda hacer en su común vida cotidiana de ser humano que vive en sociedad, cada uno y cada una, desde su profesión y campo de acción, ¿qué se puede hacer?

Por suerte, las nuevas tecnologías corren en nuestra ayuda. Nuevas tecnologías que al fin y al cabo están ahí por que alguien, muchas veces anónimo, ha puesto su energía vital en lograrlas. Y es ahora que por primera vez en milenios el ser humano puede trascender la superficie de las cosas y puede así acceder a niveles intramoleculares, a la vez que puede lanzarse más allá de nuestra burbuja terrestre. Puede entonces ampliarse aquel resolver en clave moderna todo el ámbito doméstico, “de la cuchara a la ciudad”, propio del siglo XX, para afrontar la envergadura contemporánea de poder trabajar “del ADN al planeta”, según es viable en este siglo XXI (Estévez, 2021 B).

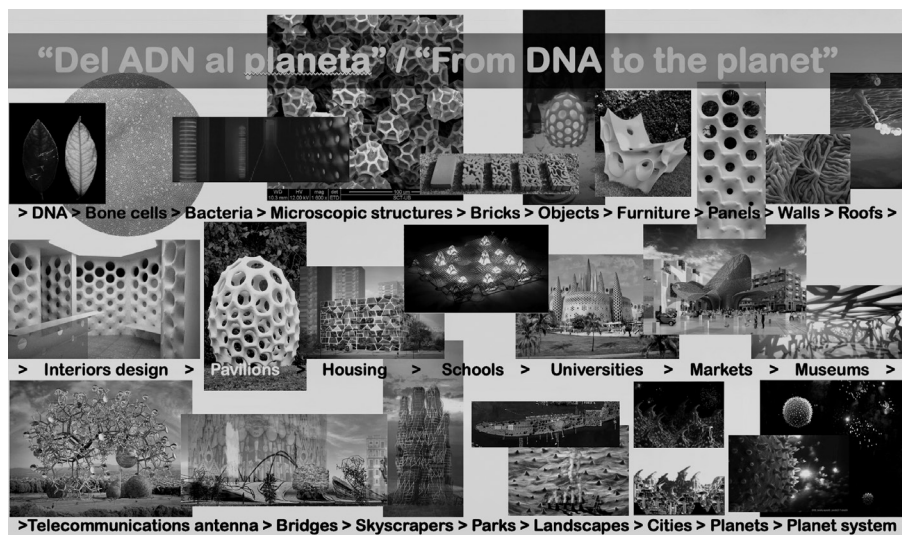


Figura 1: Diseñando “del ADN al planeta”. Imágenes de los trabajos multiscales y transdisciplinares de Alberto T. Estévez, GENARQ/iBAG-UIC Barcelona, del 2000 al 2021.

ADN y BITS

Justo en el cambio de siglo del XX al XXI se verificó públicamente y a gran escala mediática que la genética estaba siendo aplicada más y más en las industrias farmacéutica y agroalimentaria. Así, en ese exacto momento de enero del año 2000, sugerí la pregunta ¿y por qué no aplicarla también al mundo de la arquitectura y el diseño? Si se aplica para dos de las grandes necesidades humanas, como son la alimentación y la salud, ¿por qué no aplicarla también a la tercera gran necesidad humana, como es el hábitat?, que incluye la necesidad de construcción de espacios, luz nocturna y generación de calor. Nació entonces el Grupo de Investigación Arquitecturas Genéticas (GENARQ-UIC Barcelona), y con él el primer laboratorio de arquitectura genética del mundo, con genetistas colaborando con arquitectos y diseñadores (Estévez, 2015). A la vez que comenzaría igualmente su andadura la oficina profesional del mismo nombre, y el hoy llamado Máster en Arquitectura Biodigital.

Sí, biodigital, biológico y digital, y su correspondiente fusión, pues a la vez que el trabajo con genes se hacía accesible al ser humano, también se consolidó la posibilidad de manejar bits. Dos áreas de conocimiento con “similitudes genéticas”, que ofrecen un horizonte de enorme potencial: arquitectura biológica y arquitectura digital. Trascendiendo a poderse diseñar “desde dentro”, desde los sistemas internos que generan de manera automatizada la emergencia de estructuras y cerramientos (huesos y pieles), en la generación de espacios y objetos.

De hecho, antes, las puertas del mundo digital ya habían aparecido ante mí, en 1985, cuando me topé con el Fortran IV y sus primeras aplicaciones a la arquitectura. Era una novedad sorprendente, la representación gráfica por computadora de la arquitectura. Pues con él emergía algo fascinante, como era representar perspectivas escribiendo letras y números. Lo que con la genética como metáfora podía entenderse como un ADN artificial, de bits, de ceros y unos, cadenas de información con capacidades generativas. Por supuesto, me tomó su tiempo escribir hojas y hojas en ese lenguaje de programación “prehistórico”, para concluir con una perspectiva primitiva de mi primera casa construida, trazada por las máquinas de entonces. Aunque en aquel tiempo fuera lo más avanzado. Pero sería la semilla de lo que poco más de una decena de años después monté en la ESARQ: la primera escuela de arquitectura en dotar de un ordenador y de software gráfico avanzado a cada nuevo alumno, y la primera en España de gozar de un laboratorio de arquitectura digital con una CNC de gran tamaño y una 3D printer.

Pues bien, mientras, codo con codo con los genetistas, empezamos por ejemplo el *Genetic Barcelona Project* (Ver Figura 2), en pos de la creación genética de plantas bioluminiscentes para uso urbano y doméstico. Cuando la naturaleza nos enseña cómo genéticamente se ha logrado que todo tipo de seres tengan la capacidad de producir luz: medusas, bacterias, algas, plancton, anémonas, peces, etc. Entonces, primero tomamos los genes propios de la medusa *Aequorea victoria* que generan la GFP (*Green Fluorescent Protein*) y los insertamos en 7 limoneros. Una segunda fase fue con bacterias *Vibrio fischeri*, introduciendo los genes responsables de su bioluminiscencia en bacterias *Agrobacterium*, para luego a su vez meterlas en plantas de fácil mantenimiento Y una tercera fase trató de meter ese grupo de genes ya directamente en plantas ornamentales que pudieran tenerse en parques, balcones

y ventanas. La cuarta fase ya sería trabajar con los genes que ofrezcan la mayor luminosidad posible. Luz natural, sostenible, resiliente, regenerativa, renovable, no contaminante, sin cables, sin instalaciones, sin electricidad. ¿Caben más ventajas?



Figura 2. Diseñando ADN y BITS. Alberto T. Estévez, Genetic Barcelona Project, 1ª fase, GENARQ-UIC Barcelona, 2003-2006: creación genética de plantas bioluminiscentes para uso urbano y doméstico. 1. Visión de su aplicación urbana en Barcelona. 2. y 3. Comparación de una rama y una hoja con GFP y otras sin GFP del mismo tipo de limonero (foto de Alberto T. Estévez con cámara fotográfica réflex convencional, tal como lo ve el ojo humano). 4. “Imagen-Manifiesto”: la luz mágica de los árboles con GFP (*Green Fluorescent Protein*). 5. Comparación de otro par de hojas del mismo tipo de limonero, sin y con GFP (foto de Josep Clotet y Alberto T. Estévez con cámara fotográfica de UV).

Células

En efecto, no hay nada más sostenible, resiliente y regenerativo que la propia vida, que los seres vivos. Entonces, ¿por qué no diseñar con seres vivos? Dejar que la vida crezca en una forma que pueda servir a los usos demandados a la arquitectura y al diseño. Esto ya lo hacían hace milenios los jardineros, pero sólo desde fuera, trabajando sólo en la superficie de tales seres vivos. Superado ahora por el potencial de trabajar “desde dentro”, con ADN, que en realidad es diseñar seres vivos. Sin embargo, el reciente rápido desarrollo de las bioimpresoras podría llegar a hacer más eficaz su uso que el de la genética, para el caso de su aplicación a la arquitectura y el diseño, de cara a producir espacios y objetos aprovechando el crecimiento natural de las células vivas.

Y en estas estamos, en paralelo al *digital-manufacturing* investigando también el *bio-manufacturing* (Ver Figura 3): cómo fabricar estructuras con células vivas, sean estas vegeta-

les, de carne o de huesos, con la adquisición de bioprinters 3D. El problema actual sobre esta tecnología es que replica lo que ya pasó con las impresoras digitales 3D, que al principio estas tenían una gran limitación del tamaño a imprimir, y en cambio ahora ya pueden imprimir por fin casas enteras. Aunque a veces se estén haciendo con formas del pasado, no coherentes con las potencialidades que tales máquinas permiten (Estévez, 2021 A). En fin, ya sea por procesos enteramente genéticos o mediante bio-impresoras 3D de células vivas, ambas vías aprovechan el propio potencial del ADN, su capacidad para hacer crecer y desarrollarse de manera autónoma. A la vez que se erige como una línea de perfecta sostenibilidad, al configurarse como cualquier otro ser vivo.

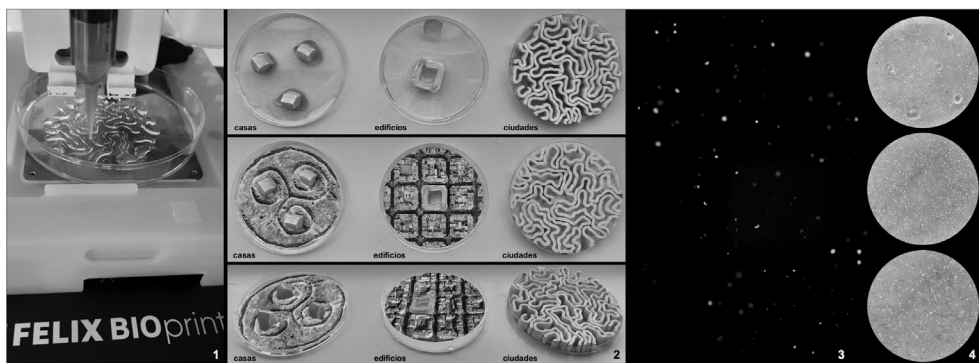


Figura 3. Diseñando con células. Alberto T. Estévez (col. Yomna K. Abdallah, *computational designer*), *Let life grow!*, iBAG-UIC Barcelona, 2018-2021. 1. Bioimpresora digital utilizada en el laboratorio de la UIC Barcelona para la construcción de estructuras celulares vivas de hueso, de cara a que crezcan bajo objetivos arquitectónicos. 2. Tipologías de casas, edificios y ciudades en placas petri, con la disposición mediante bioimpresora digital de células vivas de hueso. 3. Foto con microscopio de fluorescencia de las muestras preparadas: en azul, células de hueso vivas, y en verde, células de hueso muertas. 4. Fotos con microscopio óptico de las células de hueso de las muestras preparadas.

Bacterias

Y siguiendo con lo expuesto anteriormente, se ilustra aquí ahora con algunas imágenes de *biolamps*: lámparas bacterianas bioluminiscentes, que por primera vez en la historia iluminaron una vivienda entera “con vida”, con luz viva, sin cables, sin instalaciones, sin electricidad (Ver Figura 4).

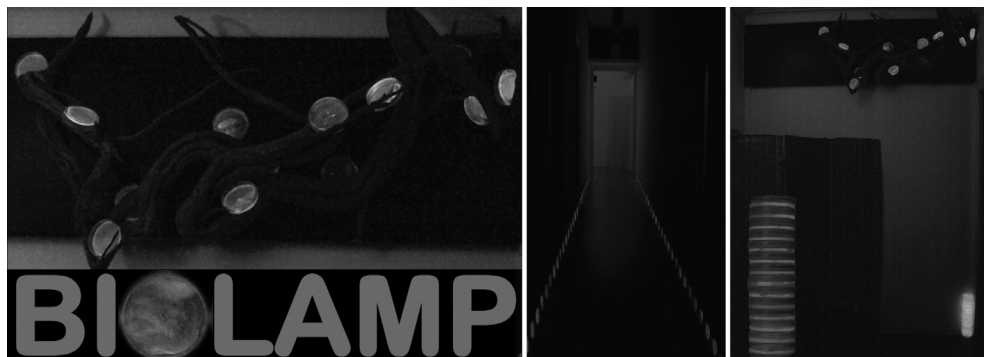


Figura 4. Diseñando con bacterias. Alberto T. Estévez, *Genetic Barcelona Project*, 2ª fase, GENARQ-UIC Barcelona, 2007-2010: creación de lámparas bioluminiscentes de bacterias para uso urbano y doméstico, sin cables, sin instalaciones, sin electricidad. Tres gamas de productos, *Biolamps "Roots"*, *Biolamps "Less"*, y *Biolamps "Biodig"*, para paneles y paredes, cielo-rasos y falsos techos, zócalos y cornisas, lámparas, muebles, decoración, moda, etc. (Fotos de Alberto T. Estévez con cámara fotográfica réflex convencional, tal como lo ve el ojo humano).

Estructuras microscópicas

Por otra parte, el conocimiento del momento en que las masas amorfas de células se auto-organizan en un primer nivel estructural es relevante para el arquitecto y el diseñador (Estévez, 2021 B). Ya que la arquitectura y el diseño deben igualmente atender solicitudes estructurales, físicas, económicas y de eficiencia, como los seres vivos. Esto es algo que puede aprenderse de la naturaleza (*bio-learning*). Aunque a la observación de ese nivel sólo puede llegarse con microscopio electrónico. Entonces, esta herramienta se convierte en valiosa para la investigación. Pues tal estudio permite entender las estructuras primigenias de la naturaleza (*Ver Figura 5*). Y según hemos ido haciendo desde el año 2008 hasta hoy (Estévez, 2015), primero se busca descubrir, analizar y valorar estructuras microscópicas de animales y vegetales. Y sobre ese conocimiento se puede luego hacer emerger el diseño digital de proyectos reales, mediante estrategias computacionales, también morfo-genéticas, y de *machine-learning*, que corroboran las similitudes genéticas entre el mundo biológico y el digital.

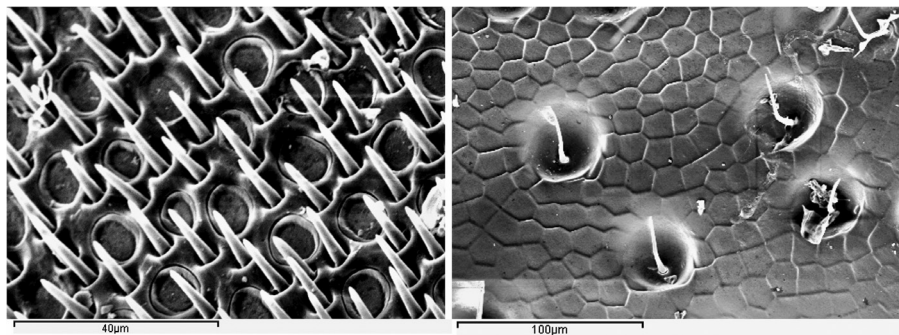


Figura 5. Diseñando desde estructuras microscópicas. Ejemplos de estructuras microscópicas fotografiadas por Alberto T. Estévez con microscopio electrónico, en este caso a 1.500 (izquierda) y 500 aumentos (derecha) respectivamente, UIC Barcelona, 2021.

Ladrillos y elementos constructivos

En el ámbito de la construcción de espacios necesariamente se llega a considerar los propios elementos constructivos. En este sentido desarrollamos también el diseño biodigital de paneles y cielos-rasos, paredes y techos, que pueden verse en anteriores publicaciones. Entre ellos cabría destacar por ejemplo la creación de tres familias distintas de ladrillos cerámicos, concebidos, diseñados y fabricados digitalmente (*Ver Figura 6*). Sus formas complejas y armónicas ofrecen un sinfín de aplicaciones, también para ser dejadas a la vista, en celosías, revestimientos y pavimentos, interiores y exteriores. Pero estas formas sólo son viables al regirse por algoritmos y al producirse directamente con una 3D printer de arcilla. Luego se cocerán en horno, para obtener la requerida resistencia.

Así, para empezar, una remesa se fabricó con la referencia de las medidas del tradicional ladrillo manual cerámico macizo. Ofreciendo modelos en una sucesiva y proporcionada reducción de materia. Por ejemplo manteniendo el 90%, el 60% y el 30% de la cantidad de materia necesaria. Y en el camino, el tipo de ladrillo que justamente sigue con mayor coherencia el propio sistema de fabricación digital, es el que logra convertirse además en el primer ladrillo cerámico flexible de la historia. Características de flexibilidad que le dan con menos materia mayor resistencia ante determinadas solicitaciones, como puedan ser movimientos sísmicos o geológicos. En suma, todo ello sólo ha podido ser pensado, concebido, diseñado y fabricado en nuestro siglo 21, y no antes, siendo pues absolutamente hijos de nuestro tiempo.

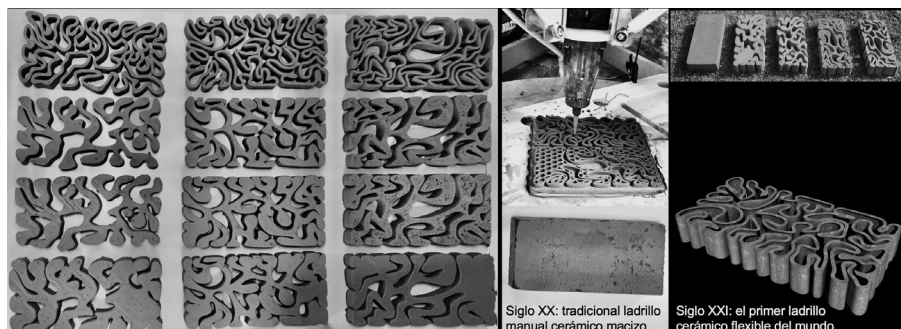


Figura 6. Diseñando ladrillos y elementos constructivos. Alberto T. Estévez (col. Yomna K. Abdallah, *computational designer*), *Biodigital Barcelona Bricks Series*, iBAG-UIC Barcelona, 2020-2021: tres familias diferentes de ladrillos cerámicos, directamente fabricadas con impresión 3D, hijas de nuestro tiempo. Con la singularidad de además gozar de cierta flexibilidad, por lo que serían los primeros ladrillos cerámicos flexibles de la historia.

Objetos

El lema “de la cuchara a la ciudad”, propio del siglo XX, incluía por supuesto el diseñar en clave moderna todo lo que tiene que ver con el ámbito doméstico, el diseño de cubertería, vasos y platos, o tapicerías, alfombras y cortinas, así como jarrones, relojes y lámparas, etc. Aquí se recoge ahora un ejemplo de una familia entera de lámparas, de mesa, de pie y de pared, la *Biodigital Barcelona Lamps Serie*, diseñada y fabricada digitalmente (Ver Figura 7). Cumpliéndose con esto también otro lema, éste más propio del siglo XXI, el de que “lo que puede dibujarse puede construirse”, merced a la actual tecnología digital.

Claro que este caso sería también un ejemplo de las ventajas de sostenibilidad de las que goza la fabricación 3D digital aditiva. Especialmente si además se utilizan materiales sostenibles y si los diseños se envían electrónicamente desde el lugar del diseño al de la producción, para poder fabricarse localmente (kilómetro cero). Con esto se minimiza la distribución de largas distancias, propiciándose la base para una profunda sostenibilidad de los productos de consumo, evitando la gran contaminación que crean los transportes. Algo que desaparecería del todo si incluso la impresora estuviera en casa. Algo que quizá debería acabar siendo tendencia, el lograr la total autosuficiencia de los hogares.