

La Arquitectura como Extensión Fenotípica Humana -Un Acercamiento Basado en Análisis Computacionales

Mauro Costa Couceiro
Escola Tècnica Superior d'Arquitectura
Universitat Internacional de Catalunya,
España.
mail@maurocosta.com
<http://www.maurocosta.com/helic>

The study describes some of the aspects tackled within a current Ph.D. research where architectural applications of constructive, structural and organization processes existing in biological systems are considered. The present information processing capacity of computers and the specific software development have allowed creating a bridge between two holistic nature disciplines: architecture and biology. The crossover between those disciplines entails a methodological paradigm change towards a new one based on the dynamical aspects of processes and functions to generate forms. Recent studies about artificial-natural intelligence and Devo-Evo (developmental-evolutionary) biology have added fundamental knowledge about the role of the biologic analogy in the creative process. As well as the analogy between genetics and architecture (Estevez and Chu 2004) is useful in order to understand and program emergent complexity for architectural and design solutions, also the consideration of our built spaces and artefacts as a product of a human extended phenotype can help us to understand better the Homo Sapiens cultural dimension.

En el transcurso de la investigación de contenidos relacionados con el área de biología para la tesis doctoral sobre biónica aplicada a la arquitectura y al diseño, se ha verificado que hay cuestiones de fondo, cercanas a la filosofía científica o a la meta-ciencia, que nos permiten comprender mejor las potencialidades y limitaciones de algunas de las más recientes tecnologías aplicadas al desarrollo de proyectos. La gran mayoría de las conclusiones del autor en su investigación doctoral no se pueden resumir a un artículo sin una pérdida considerable de factor argumentativo. Sin embargo, se intentan presentar ideas que permitan desarrollar estrategias generales de proyecto a través de un acercamiento tan holístico como sea posible.

La biología es una ciencia que aún a conocimientos de otras ramas científicas en sus descripciones del medio natural y está profundamente influida por estas áreas tradicionalmente deterministas de conocimiento. Pero a la complejidad de los fenómenos físico-químicos que ocurren en los seres vivos, muchos de ellos parcialmente codificados en su material genético (Mendel 1863, Morgan 1920, Hershey 1952, Franklin 1953, Nirenberg y Khorana 1966 y Sanger 1977), se añade, a distintos niveles, la complejidad de las interrelaciones y comportamientos de dichos seres vivos. Las relaciones entre los aspectos matemáticamente descriptibles y los inaccesibles a través de métodos deterministas son una constante de la investigación biológica. Para describir estos conjuntos de actividades se utilizan cada vez más métodos de simulación computacional en los cuales se opera con composiciones algorítmicas basadas en datos adquiridos del medio natural, combinados o no con acercamientos de naturaleza heurística. Al comprobar una hipótesis o al intentar hacer una descripción íntegra de los fenómenos observados en las simulaciones, es a menudo necesario recurrir a métodos estadísticos o incluso a descripciones de configuración etológica (Dawkins 1990). Es la naturaleza de su campo de investigación lo que exige a los biólogos un conocimiento multidisciplinar y una capacidad de percepción holística de los fenómenos.

En otro punto distinto de la esfera del conocimiento humano, la Arquitectura y el Diseño pueden ser observados como actividades relacionadas con la proyección y construcción del entorno habitable de uno de los seres vivos más complejos de este planeta. La Arquitectura y el Diseño adquirieron a lo largo del tiempo un carácter multidisciplinar, empujando al arquitecto y al diseñador al estudio más o menos

profundo de distintas ramas del conocimiento humano. Por una persistente curiosidad y por saber que la naturaleza es una fuente de inspiración inagotable, el arquitecto y el diseñador la han tenido como referencia en sus construcciones, en distintas épocas y según distintos abordajes cognitivos.

Los primeros acercamientos sistemáticos por parte de arquitectos y diseñadores a la biología se ven a menudo identificados con el renacimiento italiano y más concretamente con Leonardo da Vinci. Esta tendencia es en gran parte el resultado de la cantidad exhaustiva de registros dejados por Leonardo de sus procesos de búsqueda. Sin embargo, al menos desde la revolución neolítica, que comenzó hace aproximadamente 10.000 años, los seres humanos empezaron a producir sistemáticamente construcciones habitables y artefactos. Estos presentaban frecuentemente semejanzas entre las formas, funciones y procesos utilizados por otros seres vivos que, con algunos millones de años de antelación, los grabaron en su código genético. La cestería, tejeduría y alfarería (Grillo 1960) son algunas de dichas técnicas milenarias en las cuales la función y el proceso de producción se encuentran plasmados en la forma final de los objetos (Costa 2004). Añadiendo a estos datos el hecho de que fue por esa misma época cuando se fijaron las primeras aldeas y se inició una fuerte selección genética artificial de otros seres vivos a través de la agricultura, es difícil aceptar como meras coincidencias las semejanzas entre las técnicas anteriormente referidas, sin por lo menos formular una hipótesis alternativa en la cual el hombre las haya observado previamente en su entorno o que incluso haya desarrollado parte de esos procesos de modo instintivo (Boakes 1984).

Desde el inicio del neolítico hasta nuestros días el conocimiento humano ha progresado a un ritmo de tal modo acelerado que es casi imposible asimilar esta progresión lenta de los primordios de la humanización. Actualmente nuestras analogías a los procesos biológicos han cambiado de enfoque y progresan al ritmo del conocimiento científico de los mismos. De la imitación más o menos directa de las formas biológicas en la evolución pré-industrial, se ha pasado en pocos siglos a todo el género de intentos de explicación y aplicación de las leyes que rigen los fenómenos naturales. Es en este segundo contexto en que los investigadores actuales estudian procesos naturales de complejidad creciente, conectados a la emergencia de algunos fenómenos de orden físico-químico, biológico o incluso conectado a la

evolución del propio conocimiento.

En el campo de la IA (inteligencia artificial) se utilizan desde los años 70 del siglo pasado algoritmos genéticos (Holland 1975) que tienen como base conocimientos acumulados sobre el proceso evolutivo de los seres vivos. Estos algoritmos pueden ser aplicados en la resolución de problemas de diseño tanto a nivel de optimización de formas como a nivel de búsqueda de soluciones alternativas a las concebidas por sistemas de IN (inteligencia natural). Estos algoritmos son especialmente útiles en los casos en que la formulación del problema es incompleta o en que la cantidad de variables y su interdependencia es tan compleja que el campo de búsqueda resulta demasiado amplio para un tratamiento sistemático de los datos.

El funcionamiento de los algoritmos genéticos se basa en una teoría denominada Síntesis Moderna (Huxley 1942) en el campo de la biología y de la genética y esta teoría se puede resumir como la conciliación entre los conocimientos básicos de genética acumulados hasta la década de los 60 y la teoría evolucionista darwiniana.

Figura 1 - Representación esquemática del funcionamiento de un algoritmo genético típico. Su funcionamiento simula el desarrollo paralelo de varias soluciones. Estos algoritmos inicialmente desarrollados por John Holland en 1975 se basan en los principios básicos presentes en la teoría evolucionista conocida como Síntesis Moderna. Esquema del autor.

Se llegó a pensar que este proceso de combinación, mutación y selección podría, por sí mismo, permitir la generación de una inteligencia artificial que se asemejara en términos creativos a la que se verifica existir en los seres humanos. Pero los resultados obtenidos, aunque frecuentemente superen las producciones humanas, insisten en contener respuestas distintas de las que son obtenidas por los seres humanos o por otros seres vivos. La IA es todavía bastante distinta de la IN. Las razones subyacentes a esta diferencia de resultados no se encuentran totalmente aclaradas. No obstante, hay pistas recientes provenientes de estudios del proceso evolutivo de los seres vivos que pueden ayudar. La primera se relaciona con la duda creciente con respecto al papel predominante de la mutación y selección en la creación de novedades (Margulis y Sagan 1995). En la biología, al contrario que en los procesos de diseño humanos, las mutaciones están profundamente conectadas con los antecedentes genéticos de los seres vivos, condicionando las alteraciones a los "trucos" genéticos gravados a

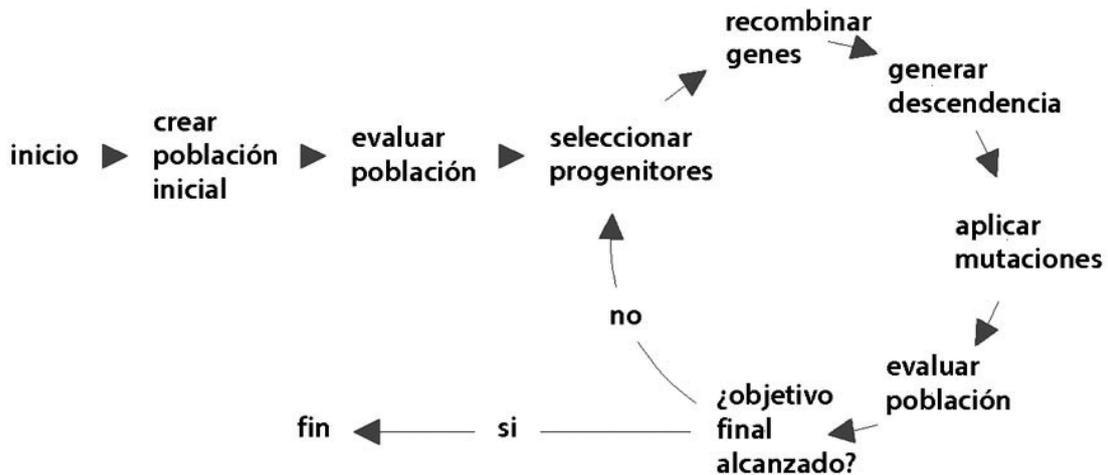


Figura 1

lo largo del proceso evolutivo del mismo como si fuera una gramática formal. Esta condicionante sólo viabiliza algunas mutaciones que se encuadren en las características funcionales del código permitiendo un desarrollo progresivo en direcciones específicas. Este proceso es a la vez un freno a algunas mutaciones radicales y una guía de conducta marcada por el medio que lo ha seleccionado.

El segundo aspecto que hace que los algoritmos genéticos tengan una acción limitada, tiene que ver con el hecho de que estos son creados teniendo como enfoque el objeto que se pretende producir, mientras que en los procesos evolutivos naturales el medio en lo cual vive el ser, o sea, su entorno de condicionantes selectivas, se compone de un número infinito de variables entre las cuales se incluyen otros seres vivos igual o más complejos que el primero y que actúan en relaciones de predación, simbiosis o parasitismo. Resumiendo, los seres vivos son sistemas abiertos con cambios de información constantes con el medio que lo moldean desde su morfogénesis y a lo largo de toda su vida.

En el campo de la modelación tridimensional, para que exista un acercamiento de los resultados a formas inteligibles o de configuración orgánica es necesario añadir conocimiento experto al proceso de búsqueda. Cualquiera que quiera hacer tabula rasa al conocimiento biológico tendrá que intentar simular los 4 mil millones de años de evolución en paralelo y con constantes interacciones. Entre las formas más conocidas de añadir conocimiento experto para obtener configuraciones orgánicas dentro del área del diseño están los algoritmos con conocimientos matemáticos específicos como son, por ejemplo,

los Sistemas-L. Estos sistemas fueron concebidos inicialmente por el propio Lindenmayer (1925-1989) con la intuición de representar algorítmicamente el proceso de desarrollo de las plantas, pero son igualmente eficaces en la representación de otras estructuras de características fractales y se pueden asociar a procesos de programación genética con la intención de añadir orden o complejidad inteligible a los sistemas. De igual modo, gramáticas de forma (Stiny y Gips 1972), variaciones paramétricas y sistemas basados en el concepto de autómatas celulares, son otras técnicas de adición de algoritmos expertos capaces de producir objetos tridimensionales evolucionados.

En uno de los estudios presentes en la tesis, el autor desarrolló algunos algoritmos generativos capaces de producir modelos tridimensionales de configuración espiralada que tenían como función componer y estructurar diversos elementos arquitectónicos. Con la intuición de estudiar la analogía entre el genotipo (el código del programa) y el fenotipo (los modelos tridimensionales generados) el autor recurrió a la división del programa original en funciones más sencillas. Esas funciones más sencillas fueron recombinadas y utilizadas, en muchos casos, de manera redundante y según procesos heurísticos. El criterio de selección de los algoritmos resultantes de este proceso de recombinación era bastante sencillo: si el algoritmo es capaz de generar una forma tridimensional y además el resultado se asemeja a alguna estructura humanamente inteligible, entonces se considera apto. Este criterio de selección, aunque muy dependiente del utilizador, cumple los objetivos básicos propuestos por el autor que tienen como referencia los conceptos de determinismo

estructural (Maturana y Varela 1980) y el concepto de invariabilidad de las leyes gestalticas.

Figura 2 - La figura muestra varios grupos de objetos. Al tener que seleccionar un grupo como siendo diferente de los demás, invariablemente, se selecciona el mismo. El autor prescinde de decir cual de ellos es para que cada uno pueda comprobar por sí mismo. Imágenes originales de Lehar S 2003, *The World In Your Head*, Lawrence Erlbaum, Mahwah, NJ. Fotomontaje del autor.

Aproximadamente el 30% de los algoritmos resultantes eran parcialmente funcionales, dependiendo, a veces, de los valores atribuidos a las variables. Estos resultados llevaron al autor a investigar más profundamente algunas de las características de los procesos de codificación genética natural constatando a través de varios autores (Fred Hoyle 1983, Margulis y Sagan 1995)

que estos también se agrupan en pequeños conjuntos funcionales y que al ser alteradas, producen muchas veces estructuras funcionales desproporcionadas (alteraciones paramétricas o de valores en las variables), metamorfoseadas (alteraciones o recombinaciones del código), duplicación o unión de elementos (redundancias) o simplemente que se desarrollan fuera del lugar esperado (cambio de punto de aplicación). Todos estos fenómenos genéticos son estudiados por la biología genética y las observaciones anteriores mantenidas entre paréntesis tienen solamente la intención de hacer una analogía comprensible entre los procesos genéticos naturales y los artificiales utilizados en la modelación tridimensional, no teniendo ninguna intención comprobar una paridad estricta entre estos conceptos.

Figura 3 - Aplicación de técnicas de programación genética en algoritmos generativos capaces de producir estructuras tridimensionales de configuración espiralada. Las mutaciones funcionales, aunque condicionadas por las características del algoritmo original, tienden a ser más complejas.

La aplicación de algoritmos evolutivos a

soluciones arquitectónicas o de diseño, se encuentran todavía en una fase inicial, casi siempre restringida a situaciones específicas, de carácter académico, apoyando el proceso creativo inicial u optimizando parámetros muy específicos. La creación integral de una solución creativa a través de métodos artificiales está todavía lejos de nuestro horizonte cercano. Los proyectos de diseño y arquitectónicos están condicionados por una inmensidad de factores y la obtención de soluciones se hace muchas veces a través de acciones tangenciales a los problemas formulados. Además el medio de actuación es condicionado por el habitante o utilizador que es el ser humano - el ser vivo más complejo y variable en términos de comportamiento y con un proceso evolutivo que se ha alejado vertiginosamente del proporcionado por la selección genética.

Actualmente ya se emplean muchos modelos de acercamiento a los mecanismos orgánicos pero, en general, estos acercamientos están demasiado fragmentados como para que se obtengan similitudes fuertes a las características de los sistemas vivos. Cada uno de estos procesos abstrae solamente un número bastante limitado de propiedades características de lo vivo tales como la autoorganización, la autosustentación y autogeneración.

Para acortar el tiempo de procesamiento en la simulación de un proceso evolutivo será necesario más conocimiento experto asociado a más capacidad de procesamiento en los ordenadores. Ese conocimiento tendrá que venir de la disociación de los aspectos esenciales de los eventuales en los fenómenos emergentes naturales en cada nivel distinto de complejidad del proceso - materia, vida, consciencia (Dennet 1996).

La construcción de un hábitat con características de lo "vivo", de adaptación dinámica al medio y con capacidad de autogeneración (Maturana y Varela 1980) resulta un objetivo interesante. El descubrimiento más impresionante es que, tras siglos de exploración, investigación científica

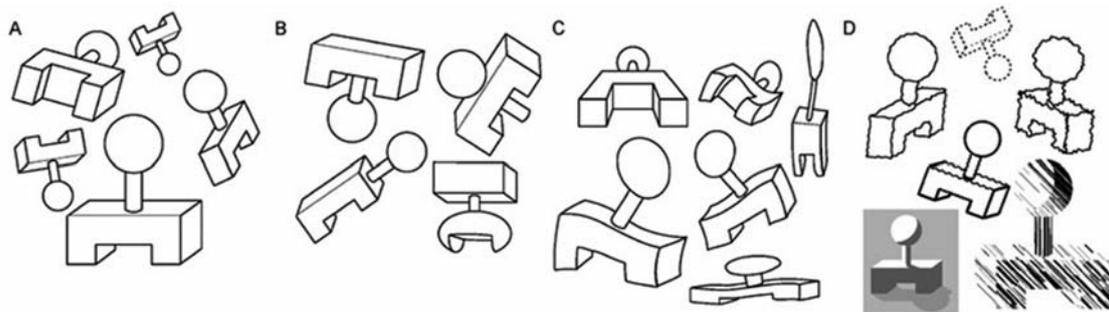


Figura 2



Figura 3

y estudio de nuestra ubicación relativa en el universo, empezamos a tener conocimientos suficientes para poder (¿re?) construir ese lugar.

Agradecimientos.

La investigación del autor es subvencionada por la Fundação para a Ciência e a Tecnologia, Portugal.

El autor agradece el apoyo de Helia Rodríguez, Javier Pioz, Rosa Cervera, Carmelo Di Bartolo, José Pinto Duarte, Gonçalo Duclas Soares y Alberto Estevez.

Bibliografía.

Boakes, R A 1984, From Darwin to Behaviourism, Cambridge University Press, Cambridge.

Costa, M C 2004, Biónica en la Arquitectura Moderna: Estado de la Cuestión, Tesina, ESARQ - Universidad Internacional de Catalunya, Barcelona.

Dawkins, R 1990, The Selfish Gene, Oxford University Press, Oxford.

Dennet, D 1996, Kinds of Minds: Towards an Understanding of Consciousness, Basic Books, New York.

Duarte, JP 2001, Customizing Mass-Housing a discursive grammar for Siza's Malagueira houses, Tesis doctoral, Department of Architecture, Massachusetts Institute of Technology, Massachusetts.

Grillo, PJ 1960, Form Function and Design, Dover Publications, New York.

Holland, JH 1975, Adaptation in Natural and Artificial System, The University of Michigan Press, Michigan.

Hoyle, F 1983, The Intelligent Universe, Dorling Kindersley Limited, Londres.

Margulis, L, Sagan, D 1995, Microcosmos. Four

Billion Years of Evolution from Our Microbial Ancestors, trad. de Mercè Piqueras, Tusquets Editores, Barcelona.

Maturana H R and Varela F J 1980, Autopoiesis and Cognition: The Realization of the Living, Boston Studies in the Philosophy of Science.

Stiny G 1972, Shape Grammars and the Generative Specification of Painting and Sculpture, Information Processing 71, Amsterdam.

Keywords.

Generative Design, Generative Programming, Bionics, Philosophy Science.