

BIOMÍMESIS: una oportunidad para el diseño sostenible Relación entre la morfología animal y la producción de energía

[BIOMIMETICS: AN OPPORTUNITY FOR SUSTAINABLE DESIGN. THE RELATION BETWEEN ANIMAL MORPHOLOGY AND ENERGY PRODUCTION]



Fig. 1: Estadio de Kaohsiung, Taiwan. Fotógrafo: Patrick Lin, 2009.

resumen_ El desarrollo de la arquitectura como profesión debe ser funcional a los desafíos más importantes de nuestra sociedad. El descuido de nuestro entorno social y medioambiental no da hoy un mayor margen de asombro, y requiere de un cambio en la manera en que construimos nuestro mundo. La revolución del Desarrollo Sostenible debe ser asumida con mayor complejidad por las disciplinas asociadas al diseño.

La paradoja de la productividad versus el cuidado de la naturaleza ha encontrado un interesante campo de investigación en lo que se ha denominado “biomímesis”, o el desarrollo del diseño a partir de las lecciones de los organismos vivos. Si bien es posible ver esta relación en toda la historia de la arquitectura, el enfoque contemporáneo es más agudo en la búsqueda de ejemplos formales o de *performances* orientados a resolver problemas análogos a los que nos plantea el nuevo paradigma de la sostenibilidad. En este sentido parece posible que una nueva manera para relacionarnos con nuestro entorno provenga del conocimiento de cómo este mismo se ha desenvuelto equilibradamente durante millones de años.

Debido a que uno de los problemas más importantes de cualquier sociedad es la producción de energía, parece pertinente detenernos a observar cómo algunos organismos vivos poseen formas o tienen comportamientos con los que optimizan sus diversas fuentes de energía. Gracias a las nuevas tecnologías digitales hoy podemos abstraer estas lecciones de la naturaleza para transferirlas al diseño de edificios. Destaca así el caso del nuevo Estadio Nacional de Taiwan diseñado por Toyo Ito (2009), en donde es posible establecer una analogía entre la forma que las serpientes poseen para optimizar los rayos del sol para el calentamiento de su sangre, y la forma con que la cubierta del estadio optimiza la generación de electricidad.

palabras clave_ biomímesis | energía | sustentabilidad | serpientes | Toyo Ito

abstract_ The development of architecture as a profession should be of use to the most relevant challenges of our society. Unfortunately, we have neglected our social and natural environment and now something must be done to change the way in which we build our world. To achieve this, the Sustainable Development Revolution must be taken on by the disciplines associated with Design.

The paradox of productivity v/s nature’s care is being researched by the science field of Biomimetics. This field develops design by first observing living organisms. Even though it is possible to see this done throughout the history of Architecture, the modern focus is sharper due to its search of formal examples or performances oriented towards resolving issues similar to those raised by the new paradigm of sustainability. In this sense, it seems possible that a new way of relating with our environment comes from the knowledge of how it has developed in harmony for millions of years.

Since one of the most important issues of any society is energy production, it seems pertinent to observe how some of its living organisms show behaviors that take most advantage of their energy sources. Thanks to new digital technologies we can now abstract these lessons from nature and transfer them to building design. The new National Stadium of Taiwan designed by Toyo Ito built in 2009 is a great example. An analogy can be drawn between snakes’ shape which makes the most of the sun’s rays to warm their blood and the shape of the stadium’s cover, which optimizes the generation of electricity.

keywords_ biomimetics | energy | sustainability | snakes | Toyo Ito



Fig. 2: Culebra chilena de cola corta en reposo, *Tachymenis chilensis coronellina*. Fotógrafo: Christian Saavedra.

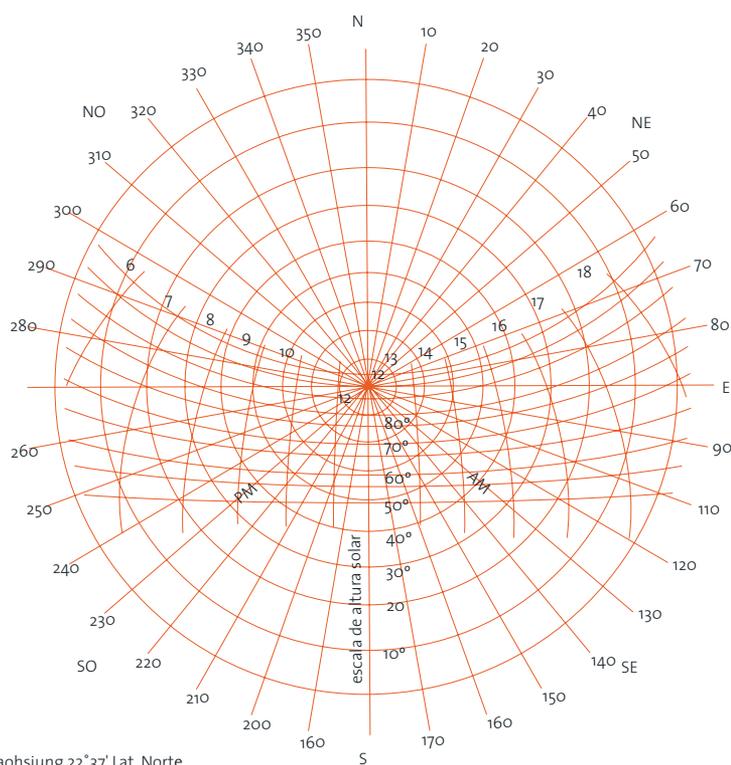


Fig. 3: Carta solar latitud 22° 37' norte, correspondiente a la ciudad de Kaohsiung.



Fig. 4: Techumbre del estadio desde el exterior. Fotógrafo: David Reid.

PROBLEMAS Y OPORTUNIDADES PARA EL DISEÑO SOSTENIBLE El contexto sociopolítico en que nos ha tocado desenvolvemos profesionalmente está hoy lleno de grandes conflictos. En este escenario debemos identificar qué problemas resolver o qué oportunidades desarrollar para lograr su transformación a través de nuestras herramientas disciplinares. También es cierto que, quizás gracias a la fuerza mediática con que se ha publicitado el calentamiento global, estamos frente a un umbral en el cual se está cuestionando desde todos los puntos de vista el modelo de desarrollo contemporáneo, dividiéndose un cambio de paradigma orientado a la equidad social, la optimización de los recursos económicos y el cuidado del medioambiente. Esta definición compleja compone la verdadera definición del término *desarrollo sostenible*, que se viene construyendo al alero de la ONU desde 1987¹. De esta manera, independiente de los contenidos que presenta el nuevo paradigma, este cambio en la manera en que pensamos nuestro desarrollo nos exige una manera distinta de enfrentar, en nuestro caso, los desafíos propios del diseño.

Nuestra disciplina, sin embargo, ha orientado la mirada del desarrollo sostenible principalmente hacia la variable medioambiental, una cuestión que tiene que ver más con la mala comprensión del paradigma que con una comprensión de las variadas oportunidades que se presentan. A pesar de esto podemos identificar una línea de investigación científica orientada al diseño que, si bien es reconocible a lo largo de la historia de la arquitectura, está en pleno proceso de consolidación gracias a la relación directa que establece con los problemas que surgen del modelo de desarrollo en que nos encontramos y las oportunidades que ha generado el nuevo modelo. Los procesos de innovación inspirados en la fisiología y la anatomía de los organismos vivos constituyen un campo de investigación interdisciplinaria conocido como biomimesis o biomimética, consolidado en gran parte por el libro homónimo de la periodista científica Janine Benyus². Si bien en términos semánticos la biomimesis alude a la imitación de la naturaleza desde el punto de vista del diseño y la producción, más que analogías directas se buscan aciertos formales o modos de operar de los seres vivos, que puedan transferirse al diseño mediante un proceso de abstracción y refabricación.

BIOMIMÉTICA O LA INNOVACIÓN EN DISEÑO BASADA EN LA NATURALEZA

A partir de Lamarck y Darwin, cada individuo³, ya sea vegetal o animal, es producto de una larga evolución detonada por adaptaciones al contexto — eminentemente físico— donde viven. Es decir, su composición formal, material y preformativa, está fuertemente determinada por el lugar donde se ha desarrollado durante siglos⁴. Esto quiere decir que probablemente, si pretendemos aprovechar las virtudes de ciertos organismos vivos en el ámbito de la arquitectura, estas formas debieran coincidir en su contexto geográfico o climático para tener éxito. A pesar de esto, también hay que estar conscientes que la composición material de los seres vivos es tan ajena a las del mundo en el que nos desenvolvemos, que no sabemos a ciencia cierta si las posibles transferencias de formas naturales de una zona puedan verse alteradas por su descontextualización.

El actual problema global de la sustentabilidad de nuestros recursos, en el contexto del desarrollo humano, ha volcado fuertemente las principales líneas de investigación disciplinar hacia una mejor relación entre el medioambiente construido y el medioambiente natural. Si bien existen campos de estudio con ciertas verdades demostradas a lo largo de las décadas, como el diseño bioclimático, McDonough⁵ ha ampliado los nichos de diseño que se orientan a este fin. Así han surgido otros descubrimientos y aciertos incipientes como el diseño a partir del reciclaje, pero existen algunos precedentes en la historia de la arquitectura en donde es posible observar la aplicación de las virtudes de la morfología de los organismos vivos, o bien la composición de sus estructuras en una relación de equilibrio entre forma y adaptación al medio. Esta relación entre naturaleza y diseño no constituye en sí misma ninguna novedad y es posible reconocerla a lo largo de toda la historia de la arquitectura.

Sin embargo, el enfoque actual de la biomimesis es más amplio al suponer que esta metodología puede tener repercusiones en casi todos los campos en donde el diseño es herramienta fundamental. Existen lecciones tan particulares como las que resultan del análisis de estructuras de información genética (ADN), o el estudio de la organización de las colmenas, ambas para el caso de la arquitectura informática de software. En este sentido, la biomimesis supone que toda forma en la naturaleza que solucione problemas análogos a los que enfrenta la arquitectura, sea cual sea su escala, puede abstraerse y transferirse a algunas de las áreas del diseño⁶. Esta amplitud en la acción del enfoque biomimético, como se puede ver, es posible hoy en día gracias al desarrollo tecnológico de herramientas para el conocimiento y análisis del mundo que nos permiten observar formas o procesos en escalas nanométricas, o desde puntos de vista absolutamente nuevos, repre-



Fig.5: Escamas de Culebra Chilena de Cola Corta, *Tachymenis chilensis*. Fotógrafo: Alejandro Soffia.

sentadas en distintos instrumentos gráficos de interpretación de información específica como, por ejemplo, la termografía.

Por último, la inserción de las disciplinas del diseño dentro de las lógicas del mercado, presentan una relación productiva entre los nuevos beneficios que surgen a partir de la biomimesis toda vez que las lecciones de diseño de la naturaleza se transforman en productos de mercado, o en avances significativos de procesos o servicios. En arquitectura, la aplicación de estos avances fuerzan su integración a una visión industrial, que permita replicar en componentes o sistemas estos nuevos aciertos de diseño (toda vez que el proceso de observación de la naturaleza esté enfocada en el bien común). Por lo mismo, la biomimesis actualmente está avanzando más en el área del diseño industrial, en donde sus ejemplos de difusión más paradigmáticos se encuentran asociados a productos que actualmente se encuentran disponibles en el mercado⁷.

DESAFÍOS PARA EL ENFOQUE CONTEMPORÁNEO DE LA BIOMIMESIS Para Portoghesi⁸ esta relación de formas ha ido fluctuando entre dos polos claramente definidos. En un polo tenemos a la arquitectura que utiliza la forma natural de manera literal, desde un punto de vista eminentemente estético, visual, donde se representan especies vegetales o animales en los elementos constructivos o en el conjunto edificatorio. En otro polo, en cambio, se encuentra la arquitectura que racionaliza las funciones de determinadas morfologías presentes en la naturaleza y que resuelven de manera interesante problemas similares a los que se enfrenta el diseño arquitectónico. En este polo las abstracciones pueden llegar a modelos o ecuaciones matemáticas que constituyen los principios de orden que no son posibles de ver en la forma natural. Entre estos dos polos es posible reconocer una serie de obras que inevitablemente están clasificadas por la cercanía a cualquiera de ellos.

El enfoque contemporáneo de la biomimesis explicita que ésta línea de investigación basa la innovación en diseño a partir de lecciones transferidas desde la naturaleza. No la analogía figurativa de las formas naturales.

Esta diferencia es fundamental para proyectar los alcances de este enfoque en el futuro, que busca la integración del diseño en los procesos de I+D+I. Colaborar con el cuidado del medioambiente, transfiriendo tecnológicamente los aciertos formaron los que la naturaleza resuelve de manera benigna problemas análogos a los que se enfrenta el diseño arquitectónico, asegura una coherencia del planteamiento con la raíz del paradigma de desarrollo que se está empezando a consolidar. Insertar el diseño en el lenguaje de la innovación orientado al desarrollo sostenible, deja abierto un campo enorme de oportunidades para nuestro desempeño disciplinar.

En este contexto, la amplia labor exploratoria que ha desarrollado Toyo Ito a lo largo de las últimas décadas, es quizás el mejor ejemplo de la transición entre el enfoque figurativo/metafórico y el enfoque biomimético contemporáneo. Para graficar esta transición, tomaremos como ejemplo dos proyectos realizados recientemente.

El primero consiste en una aproximación figurativa, con una solución figurativa. Se trata del conocido proyecto para la tienda Tod's en Tokyo. Como es posible apreciar en declaraciones gráficas y escritas, el sistema estructural de su fachada se basa en la distribución de la carga a través de la clara figura de las ramas de un árbol. Si bien esta lógica fractal corresponde a sistemas de estructuración y flujos presentes en diversas expresiones naturales, su transferencia a operaciones de diseño arquitectónico en este caso no trasciende la analogía metafórica. Es decir, la fachada parece la estructura de un árbol, pero ni la especie se identifica claramente (las formas de los árboles responden a diferentes relaciones donde

las variables determinan finalmente el esquema estructural), como tampoco se descifra el principio que hay detrás de la ramificación, lo que constituiría la clave para poder afrontar los desafíos tecnológicos de su transferencia a las plataformas constructivas de la escala de los edificios.

Si bien es posible ver en otros proyectos de Ito una búsqueda por lecciones de diseño en la naturaleza, no es hasta su recientemente estrenado (2009) estadio para los Juegos Mundiales de Atletismo (Figura 1), en Kaohsiung, Taiwán, donde se puede reconocer un ejemplo, quizá paradigmático, para la vinculación entre observación de la morfología —en este caso— de una serpiente, innovación tecnológica, y cuidado del medioambiente. Es posible interpretar que este estadio constituye actualmente un caso interesante en la aplicación de la biomimética en arquitectura. Sin embargo, y como veremos a continuación, la transferencia desde el mundo orgánico al construido podría haber sido aún más eficiente de haberse considerado la totalidad de las variables de forma y desempeño que componen la morfología de las serpientes.

El tema específico que vincula una forma con otra es la captación de los rayos solares. En el edificio, optimizar estos rayos para producir energía eléctrica constituye una necesidad complementaria. El edificio puede aún alimentarse de un sistema de abastecimiento de electricidad a gran escala, pero para la serpiente, el mismo fenómeno constituye una necesidad vital. Su condición ectotérmica hace de esta optimización algo necesario para el correcto funcionamiento de su organismo. En este contexto, podemos ver en las lógicas de la biomimética varias escalas de observación y transferencia posibles en el caso específico de las serpientes.

La primera transferencia posible es la más evidente y la que posee mayor escala en la obra. El elemento de diseño involucrado es la estructura de la techumbre, o de su cerramiento exterior (porque no solo se encuentra en el techo). En este caso

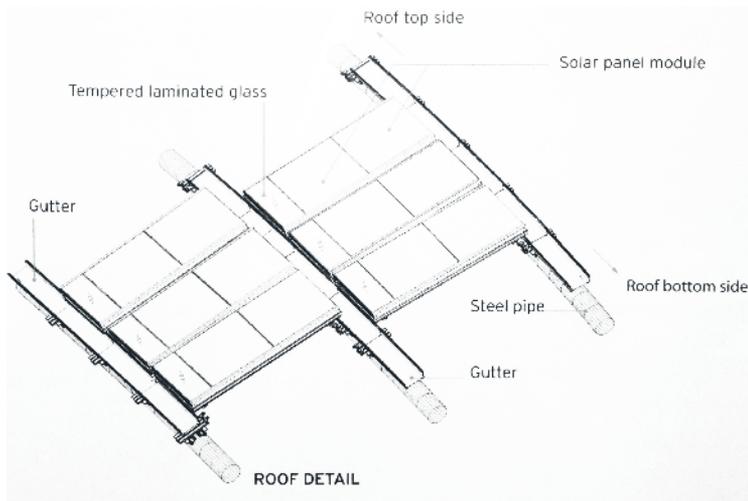


Fig. 6: Isométrica del sistema constructivo de la techumbre donde es posible observar los paneles solares. Dibujo en Pollock, Naomi. Play Time. Architectural Record, enero 2010, (198/1), pp. 64-71.

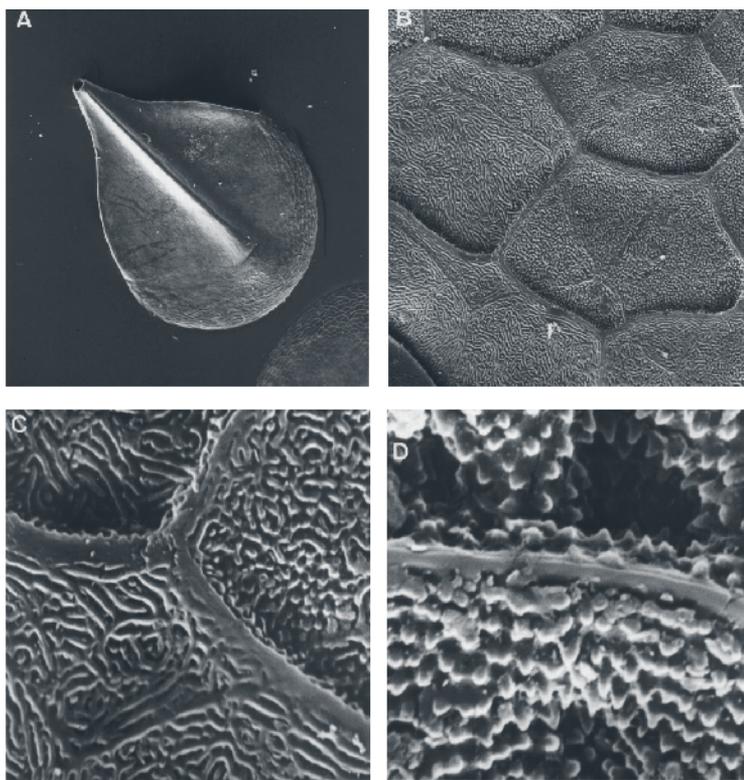


Fig. 7: Microornamentaciones de escamas dorsales de liolaemus fuscus. Fotografía: Dr. Juan Carlos Ortiz.

COMENTARIOS DEL AUTOR Y REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Brundtland, Gro.: *Nuestro futuro común*, Organización de las Naciones Unidas (ONU), Editorial ONU, Ginebra, 1987.
2. Benyus, Janine: *Biomimicry: Innovation inspired by Nature*, Perennial Harpercollins, Nueva York, 2002.
3. En las ciencias naturales un individuo corresponde a cualquier representante de una especie. Por cada especie, sea vegetal o animal, hay muchos individuos.
4. Darwin, Charles: *El origen de las especies*, Edicomunicación, Madrid, 1994.
5. McDonough, William: *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*, North Point Press, Nueva York, 2002.
6. Feuerstein, Günther: *Biomorphic Architecture. Human and animal forms in Architecture*, Axel Menges, Stuttgart, 2002.
7. Yowell, Jay: "Biomimicry and Architecture", presentación realizada en la Universidad de Oklahoma, 5 de mayo, 2007.
8. Portoghesi, Paolo: *Arquitectura y naturaleza: arquetipos y semejanzas*, Ediciones generales de la Construcción, Valencia, 2004.
9. Incluye en los reptiles, además de un tejido continuo y blando, la presencia de unidades más duras conocidas como escamas.
10. Proveedor: Solar Energy Systems at Delta Electronics.
11. Especie *Nelumbo nucifera*.
12. Orden *Lepidoptera*. Familia *Noctuidae*.
13. Pollock, Naomi: *Playtime*, Architectural Record, v. 198, n.1, enero 2010, pp. 64-71.

observaremos que la piel de la serpiente⁹, que es eminentemente curva en su sección transversal y a lo largo de todo el cuerpo, adquiere una doble curvatura en situación de reposo (Figura 2). Lo relevante de este hecho es que esta forma asegura que independiente de su postura, siempre algún porcentaje de su superficie está recibiendo en ángulo recto los rayos solares, y por lo tanto, optimizando la producción de calor. En el estadio de Kaohsiung sucede lo mismo, pero la fórmula es inversa. Como el edificio es estático, y el sol es el que se mueve, independiente de la hora del día o la fecha del año siempre habrá alguna parte de la techumbre que esté recibiendo los rayos solares de manera directa (Figura 3), y por lo tanto, esta zona estará produciendo mayor cantidad de electricidad. Pero, además, su forma sinuosa permite adaptarse a la forma elíptica del edificio, y proteger así al público del sol o la lluvia (Figura 4).

El segundo ámbito de transferencia está en una escala menor, donde este traspaso ya no es tan radical como podría serlo, y que corresponde a los componentes constructivos específicos en la superficie de la techumbre. En este caso observaremos que las escamas de las serpientes tienden a ser romboidales (Figura 5) vistas desde arriba, y además anguladas, si las vemos por sección. Si bien es cierto que la morfología de las escamas integran muchas otras funciones vitales de las serpientes, como el movimiento, en lo que respecta a la recepción de los rayos solares podemos observar cómo éstos elementos replican en su escala las propiedades multi-angulares de la superficie completa de su cuerpo. Esto nuevamente produce una optimización de los rayos solares por cada unidad, sobre todo entendiendo que las escamas pierden superficie de exposición en relación con las escamas de su perímetro. Para el estadio diseñado en Taiwán, las escamas equivalen a paneles solares (Figura 6) que, efectivamente, constituyen unidades menores que absorben específicamente los rayos de luz solar, pero que seguramente por razones de orden tecnológico y constructivo, no integran los quiebres que sí poseen las escamas para optimizar los rayos solares, en parte porque estos componentes no están sometidos a las pérdidas de superficie a las que están sometidas la escamas.

Un último aspecto morfológico que podría ser interesante en la presente analogía biomimética, aunque en una escala mucho más pequeña, dice relación con el diseño de la superficie de los paneles solares. Aquella escala microscópica del material que recibe la radiación solar. En este caso las células fotovoltaicas de los paneles de la cubierta, hechas con silicio mono y multicristalino¹⁰, son el resultado de una tecnología desarrollada gracias a la química, y no es posible por lo tanto hablar de transferencia en esta escala. Las células de silicio no están inspiradas en el material de las escamas de la serpiente. Por lo mismo, quedan pendientes las investigaciones acerca de las posibles cualidades de la queratina, el principal material constituyente de las escamas, en cuanto a su capacidad para la absorción y transmisión de energía solar. Aproximaciones microscópicas a su nanomorfología (Figura 7), nos muestran que la queratina puede aún en esa escala poseer formas especiales que eventualmente aporten a la optimización en la recepción de los rayos solares. De hecho este tipo de investigaciones ha permitido el desarrollo de varios productos industriales que lideran el enfoque de la biomimética, como lo son Lotusan[®], una pintura que emula la nanosuperficie de la Flor de Loto¹¹ y que es capaz de *autolimpiarse*, o Marag[™] Films, una tela que reproduce la nanosuperficie de los ojos de algunas mariposas nocturnas¹² que absorben la escasa luz nocturna para no ser detectadas por sus depredadores.

Ahora, independiente de la teoría, los números relacionados a la energía en este edificio avalan las decisiones de diseño tomadas por Toyo Ito. Según Naomi Pollock¹³, se trata del edificio con mayor producción de energía solar del mundo, generando 1,1 millones de kilowatts hora al año. Como el tiempo en que el edificio se usa es menor al tiempo que este está expuesto al sol, una gran cantidad de energía se integra al sistema central de electricidad de Taiwán. Esto es posible gracias a los 229.314 m² de techumbre, que contienen 6.482 paneles de vidrio, la mayoría de ellos solares.

Así entonces, mientras las formas de los organismos vivos posean aciertos medioambientales—como optimizar el uso o la generación de la energía—y mientras estos sean estudiados y comprendidos en sus principios más elementales, seremos capaces como diseñadores de enfrentar el desafío que implica la transferencia de estas lecciones a sistemas o componentes constructivos que nos permitan tener edificios que colaboren en el necesario cuidado de nuestro medioambiente, tal como lo han logrado los organismos vivos a través de "siglos de procesos de I+D".

ALEJANDRO SOFFIA Arquitecto, Pontificia Universidad Católica de Chile, 2004. Candidato a magister en Arquitectura, PUC, 2010. Bachiller en Ciencias Sociales y Humanidades, PUC, 1996. Profesor de la Escuela de Arquitectura, PUC. Becario Conicyt. Cofundador de la Cooperativa URO1.ORG. Su obra y pensamiento han sido publicados en Chile (*Arq, Ca, Spam, As*) y Europa (*Domus, 2G Dossier, AMC Le Moniteur, Oris, Arhitectura, Phaidon*).

ALEJANDRO SOFFIA is an architect from Universidad Católica de Chile (2004) where he also obtained a Bachelor's Degree in Social Studies (1996). He is currently a candidate to the Master's Degree in Architecture and a professor at the School of Architecture at the same institution and has received the Conicyt scholarship. He is cofounder of the Co-op URO1.ORG. His works have been published in Chile (*Arq, Ca, Spam, As*) and Europe (*Domus, 2G Dossier, AMC Le Moniteur, Oris, Arhitectura, Phaidon*).