

## De la arquitectura ecológica a la biomimesis

*Alex Mitxelena Etxeberria*

Departamento de Arquitectura (UPV / EHU)

*Enkarni Gómez Genua*

Departamento de Física Aplicada I (UPV / EHU)

NOTA ALX LECTORX: Queremos aclarar que en el uso de un lenguaje inclusivo lxs autorxs hemos elegido emplear el carácter “x”. Desde nuestro punto de vista, este carácter tiene la función de incluir a todxs lxs individuoxs posibles, en su diversidad de géneros y sexos ya que, por un lado, es el carácter utilizado como variable matemática de una ecuación que cada unx debe resolver y cuyo resultado siempre es diferente y es, además, el signo de la multiplicación.

**E**l desarrollo económico de los países industriales se basa, en gran medida, en el consumo de recursos, lo que origina una paulatina contaminación mundial. Esta circunstancia resulta insostenible no sólo a largo plazo, sino en el presente también, ya que este modelo está generando el calentamiento global, la desertificación del planeta y otros desequilibrios en los ecosistemas que pueden hacer la vida, en la forma que la conocemos hoy, insostenible.

Conscientes de esta situación y de la necesidad de una rápida respuesta, tras la Segunda Guerra Mundial (o, incluso, con más anterioridad), surgieron movimientos ambientalistas con ideales basados en la “protección medioambiental”. La cuestión consistía en mantener el crecimiento, la vida y la creación pero perjudicando el medio ambiente lo menos posible. Surgieron los términos “ecológico” y “sostenible” y las teorías y las prácticas también se formaron con ellos.

El término ecológico, sin embargo, no significa necesariamente sostenible. La sostenibilidad, no sólo significa no dañar el medio ambiente, sino la posibilidad de mantener el modelo productivo a largo plazo. En principio, la sostenibilidad incluye el concepto de ecología pero amplía su significado. Esto es, lo que no es sostenible no es ecológico. Así, podríamos decir que las ideas de ecología y sostenibilidad son complementarias.

La arquitectura, de hecho, siendo una de las responsables del gran consumo de recursos y emisiones contaminantes, no puede quedarse fuera de este paradigma. La arquitectura, no sólo debe ser también ecológica, sino además sostenible. En este sentido y respondiendo a la alarma y sensibilidad social respecto al medio

ambiente, de la misma manera que han surgido distintos sellos tanto nacionales como internacionales que garantizan que un producto es ecológico (de forma que así lxs consumidorxs puedan elegir teniendo esa información), surgen también los sellos que certifican y catalogan el grado de sostenibilidad y/o eficiencia energética de las edificaciones. Al amparo de estos sellos las edificaciones se catalogan y certifican según su grado de sostenibilidad y eficiencia energética, puesto que ya no resulta ético alejarse del respeto hacia el medio ambiente. El logro de estos sellos y el grado de cumplimiento es sinónimo de calidad y, en cierta medida, son buscados tanto por pequeñxs promotorxs como por grandes corporaciones.

Para lograr un sello determinado hay que cumplir una serie de requisitos que son establecidos por el propio sello, y que no siempre van a ser los mismos, es decir, cada sello establece los suyos. Estos sellos gozan de mayor o menor apoyo de lxs expertxs, pero, desde nuestro punto de vista, los más cuestionados parecen haber sido creados para perpetuar el modelo existente, en lugar de proponer nuevas formas de construir.

A comienzos del siglo XXI, ha surgido un nuevo paradigma: la biomímesis. Esta idea trata de ir más allá respecto al medio ambiente, imitando las técnicas y recursos que nos ofrece la propia naturaleza como solución a los problemas. En este libro precisamente encontramos distintos ejemplos aplicados a diferentes disciplinas, desde la ingeniería a la economía. No olvidando la arquitectura, de la que nos ocupamos en este capítulo.

Como decíamos, este capítulo presenta el camino desde la ecología a la biomímesis aplicado a la arquitectura, y propone una arquitectura basada en los principios de los sistemas naturales, según un mayor respeto, no sólo del medio ambiente, sino también a favor de un nuevo equilibrio entre los seres humanos y la naturaleza, e incluso entre los propios seres humanos.

La relación del ser humano con el medio que le rodea no es sencilla y, sin embargo, su vida depende de esta relación. Las estrategias utilizadas en su relación con el medio han sido diferentes a lo largo de la historia, desde la adaptación hasta la dominación. Dominar el medio ha sido una de las aspiraciones humanas cuyo punto de inflexión se puede situar en la revolución científica del s XVII (Capra, 1982). Entender el mundo como una máquina (paradigma newtoniano) marca un antes y un después, ya que la idea de dominación de la naturaleza se refuerza en detrimento de la adaptación; y la explotación de recursos adquiere una magnitud que con el paso del tiempo y la historia se demuestra insostenible. A pesar de ello, en la actualidad todavía las principales economías mundiales siguen dependiendo de la extracción de recursos naturales y, además, ayudados por las máquinas, lo llevan a cabo de una forma muy agresiva.

En este contexto distintos movimientos sociales de la segunda mitad del s XX se posicionan ante el reto de establecer una relación con la naturaleza más allá de

la dominación y explotación de recursos, creando un nuevo marco en el cual la naturaleza se convierte en un agente más, no un objeto de dominación ni un ente dominante. Así surgen movimientos como el “ecologismo” y conceptos como la “sostenibilidad”. Se trata de encontrar formas de mantener una relación equilibrada, permitiendo un modelo de renovación de los recursos que se pueda extender en el tiempo, (y a nivel ideal, que pueda perdurar eternamente). Surge la idea de legar un planeta habitable para las siguientes generaciones.

La *Organización de Estados Iberoamericanos* y la página web de su programa de acción global publica “un compromiso renovado por la educación para la sostenibilidad”:

El concepto de sostenibilidad surge a principios de la década de los años 80, a partir de perspectivas científicas sobre la relación entre el medioambiente y la sociedad y la publicación de varios documentos relevantes, principalmente la Estrategia Mundial para la Conservación (*World Conservation Strategy*, UICN, 1980, *Primera estrategia global de Desarrollo Sostenible*) y el conocido como *Informe Brundtland* (*Our Common Future*, CMMAD, 1988). Surge como resultado de los análisis de la situación del mundo, que puede describirse como una “emergencia planetaria” (Bybee, 1991) y de larga duración (Orr, 2013), como una situación insostenible, fruto de las actividades humanas, que amenaza gravemente el futuro (y ya el presente) de la humanidad. Se habla incluso de una etapa geológica nueva, el *antropoceno*, término propuesto por el premio Nobel Paul Crutzen para destacar la responsabilidad de la especie humana en los profundos cambios que está sufriendo el planeta (Sachs, 2008), vinculados a lo que Folke (2013) califica como “la Gran Aceleración de la actividad humana”, especialmente a partir de la década de 1950, que amenaza con sobrepasar los límites del planeta<sup>1</sup>.

Más allá del ecologismo y la sostenibilidad, el concepto de la biomímesis propone inspirarse en la naturaleza como forma de mejorar el diseño de las creaciones humanas y como forma de buscar soluciones a los problemas. La biomímesis también implica un compromiso ecológico, ya que entiende que la naturaleza lleva milenios desarrollando modelos que resultan sostenibles. Por lo tanto, podemos deducir que las soluciones biomiméticas serán duraderas y reproducibles a lo largo del tiempo, tal y como lo demuestra la naturaleza. Nuestra intención aquí es reflexionar sobre la forma en la que podemos aplicar la biomímesis para la definición de una arquitectura sostenible y ecológica.

Interpretamos que hay dos formas de abordar lo biomimético. La primera consiste en la imitación de las formas y estructuras de la naturaleza de manera descontextualizada. Se espera que el diseño de productos con formas inspiradas en la naturaleza pueda ayudar a optimizar o reducir el uso de recursos y a mejorar los resultados. Sin embargo, ello no implica que estos diseños sean más ecológicos o sostenibles.

La segunda forma de abordar lo biomimético es aquella que se inspira en la naturaleza globalmente, en sus ciclos, en su manera de emplear la energía y los recursos. Esto creará diseños en general y arquitectura, en particular, que respeta los ciclos y la energía y que también emplea materiales ecológicos o sostenibles.

Entendemos que ambas formas de interpretar lo biomimético ayudan en la consecución de los objetivos que nos hemos propuesto. Una idea no contradice a la otra. Al contrario, se pueden complementar perfectamente. La primera forma se centra más en los resultados y en los recursos necesarios para conseguirlos. La segunda definición propone una reflexión general y la revisión de ciertas ideas de base en la génesis de la arquitectura.

En este texto queremos proponer unas primeras ideas que puedan servir de inspiración para desarrollar este paradigma de arquitectura biomimética. Queremos plantear una arquitectura que tenga en cuenta los principios de los sistemas naturales definidos por Benyus (1997) de manera crítica, ecológica y sostenible. Se trata, como decimos, de unas primeras ideas y conceptos, dejando a los lectores la posibilidad de decidir cuáles serán las estrategias o las claves para llevarlas a cabo.

Por lo tanto, proponemos la aplicación de los principios de los sistemas naturales a la arquitectura y el urbanismo. Desde la ideación, el método de trabajo y hasta los resultados obtenidos.

Los principios de los sistemas naturales son:

1. La naturaleza funciona con la luz del sol.
2. La naturaleza sólo utiliza la energía que necesita.
3. La naturaleza adapta la forma a la función.
4. La naturaleza lo recicla todo.
5. La naturaleza premia la cooperación.
6. La naturaleza se beneficia de la diversidad.
7. La naturaleza aprovecha lo que tiene cerca.
8. La naturaleza limita los excesos desde dentro.
9. La naturaleza aprovecha el poder de los límites.

La aplicación de algunos de estos principios será inmediata o fácilmente resoluble. Otros, sin embargo, requerirán de una reflexión más profunda y no encontrarán una sencilla aplicación.

## **La naturaleza funciona con la luz del sol**

La luz del sol es una fuente de energía muy importante a la hora de proyectar

arquitectura. La arquitectura vernácula tiene en cuenta esta forma de energía de forma intuitiva y empírica. Sin embargo, el desarrollo de la electricidad hace que el ser humano experimente el espejismo de poder tener luz a cualquier hora del día y que la fantasía de que la noche se convierta en día pueda ser realizable. Así, a partir del siglo XIX en cierta medida se puede permitir darle la espalda al sol. La toma de conciencia del derroche de medios y energía que esto supone hace que la arquitectura deba de nuevo mirar al sol y a sus posibilidades. Hoy en día no sería ético ni responsable diseñar obviando la fuente de energía y bienestar que supone el sol. Por eso encontramos en la arquitectura actual nuevas propuestas de uso de este recurso.

La casa solar pasiva propone el aprovechamiento de la luz del sol para reducir los costes del calentamiento de los espacios habitables. De la misma forma, propone cerrar o aislar las partes que no reciben radiación solar y son, por tanto, partes que hacen perder el calor interior (AIA Research Corporation, 1978). Además de la apertura de ventanas, existen otras técnicas para aprovechar el calor del sol y otras pautas de diseño para garantizar la ventilación de los espacios sin perder el calor interior. En climas cálidos las estrategias deben ser inversas, esto es, se trata de evitar la exposición directa al sol y proteger de esa forma el frescor de los espacios habitables.

La arquitectura orgánica de comienzos del siglo XX propone otra forma diferente de “aprovechar” la luz del sol: además de recoger la radiación solar, organiza la vivienda según el movimiento del astro. Arquitectos como Frank Lloyd Wright o Hugo Häring exploraron la idea de la casa como espacio que se organiza según el recorrido del sol a lo largo del día.

A comienzos de los años veinte, Hugo Häring comenzó a desarrollar viviendas según una organización fluida y dinámica que se adaptaba a los recorridos de los habitantes y la luz del sol (Blundell Jones, 1999). Las habitaciones de estas casas no son rectangulares, su geometría se define a partir de los movimientos y los recorridos funcionales. Las ventanas y los espacios interiores se organizan para captar la luz del sol. Además, según el tipo de luz que obtenemos del sol, diferente a lo largo del día, se desarrollan diferentes actividades. Por ejemplo, los dormitorios disfrutaban de luz por la mañana para ayudar a comenzar la jornada de forma activa. Y la luz del atardecer parece la más adecuada para iluminar la mesa sobre la que se sientan los habitantes para cenar y concluir el día.

El arquitecto Rudolf Schindler (1934) construyó a mediados del siglo XX casas en Los Ángeles con tejados translúcidos para recrear atmósferas en las habitaciones y unir los espacios interiores con el exterior. Se trata de atraer al interior de los espacios de la casa la luz y la atmósfera exterior. De esta forma, los cambios a lo largo del día y de las estaciones cambiarán también la iluminación de los espacios interiores de la vivienda.

Podríamos considerar como arquitectura biomimética una casa solar que modifique su espacio en relación al sol. El sol, el cosmos y la naturaleza tienen una estructura cíclica y eterna. Una casa iluminada según los ciclos solares, haciendo consciente al habitante del paso del tiempo, de las estaciones, recordando a los individuos su pertenencia a la tierra y al cosmos. Una arquitectura que cambia según la iluminación natural y que permite ser conscientes de las estaciones del año ayudará al bienestar psicológico de los habitantes favoreciendo su sentido de arraigo y su sentido de estar en un espacio y tiempo concretos.

### **La naturaleza sólo utiliza la energía que necesita**

Utilizar sólo la energía necesaria es, sin duda, la primera forma de gestionar recursos de forma responsable y reducida. La forma de optimizar esta energía serán las estrategias que deberemos desarrollar después. La historia está llena de ejemplos de esta optimización, desde la mejora en el uso de combustibles para conseguir una fuente de energía, hasta el aumento de energía conseguido con la misma cantidad de combustible.

Dejando a un lado esos estudios, nuestra reflexión se centra en el cuestionamiento de la propia necesidad, ya que creemos que este estudio es anterior. Esto es, primero analizaremos las propias necesidades e intentaremos reducirlas, para después estudiar la forma de reducir la energía necesaria para alcanzar estas necesidades. Se trata de una doble reducción.

Aplicadas a la arquitectura y al urbanismo la idea de necesidad es compleja, ¿Qué necesita o no necesita el ser humano respecto de la arquitectura? ¿Qué necesidades puede cubrir la arquitectura? ¿Cuáles son necesidades reales y cuáles pueden responder más a deseos? ¿Cómo distinguir unas de otras? ¿Puede incluso ser la arquitectura algo más que un capricho o un lujo? Además, cada sociedad y cultura puede responder a estas preguntas de manera diferente, siendo las respuestas válidas en todos los casos.

Proponemos la aproximación a este punto desde la definición que Artur Manfred Max Neef (1986) hace de las necesidades y, a partir de ahí, hacer una reflexión sobre cuál puede ser la energía necesaria para cumplirlas. Esto es, primero debemos saber cuáles son las necesidades para después tener idea de la energía que será necesaria emplear. Las necesidades humanas básicas clasificadas por Neef (1986) son nueve:

1. Subsistencia
2. Protección
3. Afecto

4. Entendimiento
5. Participación
6. Ocio
7. Creación
8. Identidad
9. Libertad

Estas necesidades son muy amplias y se pueden entender como genéricas. Además entendemos que algunas pueden ser culturales y, por lo tanto, tener una forma determinada en un entorno y otra en otro. Tal vez podrían ser discutidas, pero desde nuestro punto de vista todas son importantes para un desarrollo armónico y completo del ser humano. Evidentemente, entendemos que hay una cierta graduación entre ellas y unas pueden ser más básicas que otras.

Para analizarlas desde el punto de vista de la arquitectura las hemos dividido en tres grupos: las tres primeras corresponden al espacio más individual o privado; las tres segundas a un espacio más abierto como el urbano; y las tres últimas al espacio de la participación y la creación. Estos grupos no pueden entenderse como algo estanco, ya que las necesidades enumeradas pueden pertenecer a varios de ellos.

Como decíamos, las necesidades mencionadas en primer lugar son la subsistencia, la protección y el afecto y pueden relacionarse, en lo que a la arquitectura se refiere, con el espacio más privado e íntimo. La vivienda, con todas sus variantes culturales y espaciales, es sinónimo de protección, necesaria para la subsistencia y el lugar donde suceden los afectos. Deberían diseñarse viviendas de forma conciliadora que ofrezcan espacios en los que sus habitantes, además de satisfacer las dos primeras, tienen en cuenta el afecto como eje de convivencia (Hayden, 1984). Desde nuestro punto de vista, conciliar puede tener distintas acepciones. La primera de ellas tiene que ver con ser capaz de simultanear en un espacio distintos tipos de actividades; pero además, y puesto que el ser humano es un ser social, tiene que ver también con la convivencia armónica entre varios individuos que comparten un mismo espacio y entre los que se producen distintos afectos. Una vivienda conciliadora debe tener en cuenta las distintas actividades realizadas (de ocio, productivas y reproductivas), así como a los distintos usuarios y sus relaciones y afectos. Es decir, la idea principal a la hora de diseñar la vivienda son las personas, sus actividades y los afectos entre ellas. Esto es, la técnica y el diseño deberán estar al servicio de las personas.

El segundo bloque de necesidades, el entendimiento, el ocio y la participación, está más relacionado con el diseño urbano. De nuevo, la perspectiva de género en el diseño urbano nos orientará en la creación de una ciudad en la que el ocio, la vivienda y el trabajo no están separados. Muy al contrario, se buscarán formas

que hagan posible la convivencia de estos usos y permitan su fácil acceso a la ciudadanía. De esta forma, además, se conseguirá un descenso en el consumo de energía. Entendemos la perspectiva de género en el urbanismo desde el punto de vista de la inclusión, teniendo en cuenta que las personas realizan tareas tanto reproductivas como del ámbito de la producción y que para la realización de ambas requieren diferentes recursos. Tradicionalmente, se tienen más en cuenta las tareas de producción descuidando aquellas tareas reproductivas y que han sido históricamente realizadas por mujeres. Como decimos, el diseño de ciudades en cuyo centro se hallen las personas supondrá un ahorro de energía.

Si, además, la creación de estas ciudades se realiza propiciando mecanismos participativos, se garantizará la satisfacción de las necesidades de entendimiento y participación, propiciando el marco en el que cumplir las necesidades mencionadas en último lugar: la creación, la identidad y la libertad.

La medición en forma de energía de estas necesidades es ciertamente compleja. Sin embargo, podemos entender que, dependiendo de la arquitectura y la ciudad que construyamos, se consumirá más o menos energía.

Para que las ciudades y las arquitecturas sean más eficientes energéticamente deberán tenerse en cuenta las necesidades de todas las personas que habitan en ellas. Si se definen los proyectos solo para los sectores más influyentes, aquellos grupos que no se han tenido en cuenta representarán un gasto energético superior. De esta manera, el cómputo general de gasto de energía no se verá reducido. Cuanto más se piense en todas las personas y en sus necesidades, a nivel urbano se diseñará de forma que la realización de las necesidades de todo el colectivo requiera de menos energía. Por ejemplo, un aspecto en el que se debe trabajar activamente y en el que más obvio es el ahorro energético de un buen diseño es el transporte urbano.

## **La naturaleza adapta la forma a la función**

Esta afirmación tiene su origen en la industrialización y en la creencia de que la optimización de los tiempos y la separación de las competencias y las tareas (aspectos que formaron la base del positivismo) son la garantía para conseguir el bienestar social.

Esta idea responde a un momento histórico muy determinado, en el cual la gran acumulación de personas en las ciudades, respondiendo a la llamada de la industria y de la necesidad de mano de obra, supuso un nivel de salubridad muy bajo en los entornos urbanos habitados. La higiene colectiva, en estos entornos urbanos transformados, se encontraba muy lejos de lo que eran los entornos rurales, mucho menos poblados y donde había más espacio para desarrollar la vida.



Así urbanistas y arquitectxs de finales del siglo XIX y comienzos del XX vieron como solución la estandarización y la separación como estrategias para solucionar dos problemas: por un lado, crear entornos más salubres para grandes acumulaciones de personas y, además, reducir los gastos en la producción de productos a través de la fabricación estandarizada e industrializada.

Sin embargo, a lo largo de todo el texto estamos poniendo en cuestión precisamente que la estandarización lleve a una mejor calidad de vida, que es de lo que la arquitectura debe ocuparse. La diversidad de formas en que cada individuo o colectivo realiza una misma función hace que la estandarización pueda no ser útil para ningunx de ellxs, encorsetando y limitando la vida a una sola forma de hacer. La pregunta que surge entonces es entonces, ¿cuál es la mejor forma de hacer una función?

Las funciones pueden estudiarse hasta determinar su forma, pero este trabajo estará condicionado según la manera en la que nos aproximamos a la definición del problema. Por ejemplo, el análisis para definir la cocina funcional realizado en los años 20 en Alemania dio como resultado un laboratorio en el que la preparación de la comida se desarrollaba de manera muy efectiva (Muxi, 2015). Sin embargo, olvidó el aspecto social de esta actividad cotidiana, proponiendo una cocina que aislaba a la persona que desarrollaba de forma solitaria estas funciones. Perspectivas posteriores han mantenido lo funcional, en la medida de lo posible, abriendo este espacio al resto de la vivienda. Sin duda, la aparición de nuevas tecnologías ayuda a conseguir estos objetivos.

Las funciones cambian con las costumbres individuales y sociales. No realiza las mismas tareas una persona en la adolescencia, cuando cuida a sus hijas e hijos o cuando pierde movilidad de forma puntual o permanente. También socialmente surgen nuevas costumbres y necesidades. Por ejemplo, las unidades de convivencia cambian y las relaciones entre las personas que las componen también se ven modificadas de forma que las viviendas en las que estas unidades habitan se adaptan a nuevas demandas. La arquitectura puede permitir estos cambios o puede dificultarlos.

La diferenciación de los espacios es una característica no tan extendida en las culturas como podemos pensar. Las psicólogas Almerico y Pérez López (1998), describen la casa “altamente diferenciada” como aquella en la que cada parte cumple una determinada función y señalan su extensión exclusivamente en las culturas europea y norteamericana. Las culturas nómadas muestran el ejemplo más extremo, debido a que el montaje y desmontaje de la vivienda y su transporte exige que esta sea de dimensiones reducidas, reduciendo en consecuencia los espacios que la componen. La vivienda nómada de un único espacio se compone de “ámbitos” diferenciados según la disposición de elementos como el mobiliario. Al tratarse de elementos que se pueden mover, la vivienda se puede adaptar a cam-

bios fácilmente, respondiendo a necesidades estacionales o temporales.

Antes de la especialización de los espacios domésticos que conocemos, las casas medievales de nuestra cultura constaban de un único espacio multifuncional. Las habitaciones no estaban especializadas, había un único espacio para el hogar y, según los muebles que se empleaban y su disposición, se realizaban diferentes acciones a lo largo del día y según las necesidades de sus habitantes (Mitxelena, 2014). Ciertamente, la propia idea de la privacidad ha cambiado en nuestra cultura, de forma que la vivienda de nuestros antepasados difícilmente se adaptaría a nuestras exigencias actuales.

El arquitecto nipón Sou Fujimoto (2008) propone dos formas antagónicas de dar respuesta a las necesidades funcionales. Según describe, la casa puede crearse según el tipo “nido” o el tipo “cueva”. El tipo “nido” se formaliza según unas necesidades previstas. Por lo tanto, cada función tiene asignado un lugar. Así, el espacio resultante es concreto y definido, ajustado a ciertas funciones. Se trata del modelo más extendido, aquel que responde a las necesidades ofreciendo un espacio concreto para responder a cada una de ellas. Así surge la vivienda, compuesta por espacios concretos para dormir, para estar, para comer, para leer, etc. El espacio “cueva”, por contra, se materializa antes de definir las funciones que se realizarán. Este modelo propone espacios con características diferentes. Será quien utiliza estos espacios quien decida donde se establece en cada momento y dónde realiza las tareas. Esto permitirá realizar las funciones de acuerdo a las características del espacio, pero también según el estado de ánimo o el momento de desarrollarlas.

Las propuestas expuestas nos llevan a la reflexión sobre la creación de una arquitectura que responda de forma puntual a unas funciones concretas. Sin duda, será una arquitectura que no será capaz de adaptarse a nuevas necesidades y nuevos usuarios. El “espacio nido” de Fujimoto es limitado, ya que el habitante no puede modificar sus rutinas, improvisar ni variar sus costumbres. Sin embargo, en el “espacio cueva” el habitante podrá improvisar, podrá variar sus costumbres, adaptar la casa a sus necesidades, sus cambios. En lugar de oprimir funciones, la cueva es un medio de provocación sin restricciones. Tal vez de una forma intencionada, el arquitecto nipón utiliza como referencia, precisamente, el primer espacio habitado por el ser humano.

## **La naturaleza lo recicla todo**

Reciclar significa volver al ciclo. En las sociedades modernas actuales muchas veces utilizamos mal la palabra reciclar, ya que la confundimos con separar. En nuestras viviendas modernas no reciclamos los materiales o residuos, sino que los

separamos, tal vez para ser reutilizados o reciclados pero en la gran mayoría de los casos no ocurre eso y lamentablemente no hay sólo razones técnicas sino políticas detrás de ello.

Mientras, la naturaleza cierra los ciclos utilizando los desechos como nutrientes. Así, las hojas de los árboles al caer nutren el sustrato terrestre que alimenta a los árboles y a otras plantas. Es decir, vuelven al ciclo los materiales que, tras ser utilizados, se convierten en lo que cabe entender como residuos. Tales residuos se convierten, a su vez, en nutrientes elevando su valor. La economía circular propone observar los ciclos de la naturaleza para aplicarlos a conceptos económicos en aras de una mayor sostenibilidad:

La economía circular es un concepto económico que se interrelaciona con la sostenibilidad, y cuyo objetivo es que el valor de los productos, los materiales y los recursos (agua, energía,...) se mantenga en la economía durante el mayor tiempo posible, y que se reduzca al mínimo la generación de residuos. Se trata de implementar una nueva economía, circular -no lineal-, basada en el principio de «cerrar el ciclo de vida» de los productos, los servicios, los residuos, los materiales, el agua y la energía<sup>2</sup>.

Llevar este concepto a la arquitectura nos obliga a pensar en edificios o sistemas urbanos que reciclan o reutilizan los residuos. Esto se puede lograr de dos formas diferentes. Por un lado, podemos crear arquitectura que no va a generar posteriormente residuos (una vez demolida por ejemplo) y se pueda maximizar la reutilización de los materiales, en cuyo caso es importante la elección de los mismos. Materiales cuya producción sea lo más ecológica y sostenible posible; que no supongan una sobreexplotación de recursos; que sean ellos mismos, en la medida de lo posible, producto del reciclado o reutilización de otras demoliciones o de residuos.

Además, habrá que tener en cuenta la disposición de los mismos en el sistema constructivo. Disposición que permita un fácil desmontaje y separación, uno de los problemas precisamente a la hora de proceder a las demoliciones.

Más allá del tipo de materiales utilizados y su disposición, podemos hablar de edificios, o sistemas urbanos que reciclan en el día a día. El mero hecho de atender a las necesidades de las personas de manera eficiente tenderá a generar menos residuos. Además, hay que pensar en sistemas adecuados de separación y reciclaje de los mismos que puedan utilizarse como generadores de energía.

En este sentido, hablamos de sistemas de economía circular, o ciudades circulares, cuyo primer llamamiento de adhesión se realizó en París en diciembre del 2015, en la Cumbre por el clima<sup>3</sup>. A partir de entonces se decidió crear la *Circular Cities Network*<sup>4</sup>, con el objetivo de compartir experiencias en este campo. La *Red de Ciudades Circulares* ofrece una plataforma para compartir conocimiento y

ofrecer herramientas para el cambio de paradigma en el desarrollo de las ciudades. Las primeras ciudades adheridas a esta iniciativa son Austin, Boulder, Copenhague, Londres, Ljubljana, Nueva York, Peterborough, Phoenix y Río de Janeiro. Por lo tanto, debemos pensar en una arquitectura que genere menos residuos y ciudades que también programen la reutilización de los residuos como generadores de energía y como una vía para repensar sus usos.

Reutilizar también puede significar compartir. Espacios en los que se comparten objetos y bienes. Tiene que ver, así mismo, con la colaboración, la cooperación y supone no solo la reutilización o reciclaje, sino la reducción del consumo a través del hecho de compartir. Por ejemplo, las viviendas que fomentan la convivencia favorecen tanto la reducción como la reutilización o el reciclaje de recursos. Sin duda, compartir es una excelente manera de reducir el uso de recursos y energía ya que conlleva un mayor rendimiento.

## **La naturaleza premia la cooperación**

Los sistemas naturales cuidan de las generaciones futuras y recompensan la cooperación, por lo que la arquitectura biomimética también deberá ser facilitadora, conciliadora y recompensará la ayuda mutua de las personas que habitan en ella.

En el punto anterior hemos explicado las ventajas de compartir. Sin duda, compartir es una forma de cooperar. Pero cooperar tiene un significado más amplio ya que implica trabajar conjuntamente, no sólo compartir los recursos, sino desarrollar un trabajo en equipo para obtener un resultado común buscado.

La cooperación no surge de la nada. La arquitectura y el urbanismo deben poner los medios para facilitar el encuentro entre las personas y hacer posible, de ese modo, el surgimiento de la intención de cooperar. Por ello, desde la arquitectura y el urbanismo deben diseñarse espacios de encuentro deseables entre las personas, espacios adecuados de relación.

Los espacios de relación deben diseñarse pensando también en el encuentro, el intercambio y la interacción de las personas que los habitan. Al igual que la naturaleza, necesitamos espacios en los que cuidar a la comunidad y que primen el bienestar de las personas. De esta forma, crearemos una arquitectura pensada para nuestra forma de vida, pero sin olvidar el contexto del que formamos parte. Así, será una arquitectura sostenible, desde el punto de vista energético y social, y también sostenible en el tiempo, gestionable adecuadamente.

El modelo de viviendas cooperativas *co-housing* está formado por una comunidad cohesionada por su forma de entender la relación entre vida privada y vida común. Está formada por viviendas y una dotación importante de servicios comunes. Está planeada y gestionada por sus residentes, según el modelo que ellos

mismos deciden, lo que les permite definir el proyecto según sus necesidades específicas reales. El *co-housing* facilita la convivencia y la cooperación entre los residentes, así como la centralización de equipamientos y servicios, aportando beneficios sociales, económicos y medioambientales<sup>7</sup>.

Las ventajas que ofrecen este tipo de comunidades pueden entenderse desde una doble perspectiva: por un lado, es una forma de conseguir más o mejores dotaciones gracias al acto de compartir. Pero también se trata de una forma de conseguir una forma más conectada con las personas que nos rodean, para alcanzar un mayor arraigo y disfrutar de relaciones personales más ricas e interesantes, lo que conlleva una forma de ofrecer y obtener cuidados y ayudas a muchos y diferentes niveles.

## **La naturaleza se beneficia de la diversidad**

La arquitectura moderna llevó al extremo la idea de la ciudad como red de comunicación y movimiento. Los conceptos expuestos en la *Carta de Atenas* en el año 1941 proponían un acercamiento técnico y aséptico al territorio. Las ideas del funcionalismo habían logrado eliminar al resto de interpretaciones posibles sobre la realidad. Sin embargo, tras la Segunda Guerra Mundial, las nuevas generaciones de arquitectas y arquitectos entendieron que las diferencias existentes en los lugares eran fuente de información para construir entornos adaptados a las características físicas y culturales de cada entorno.

De nuevo, aplicando la perspectiva de género en el diseño urbano se diseñarán ciudades en las que conviven diferentes funciones, haciéndolas más accesibles y en las que la interactividad creará espacios más habitables. Según describe Gea 21 (2007) “La mezcla de usos es clave para el objetivo de la conciliación. Los barrios segregados y especializados obligan a realizar las diferentes funciones de la vida en espacios alejados: residir, comprar, trabajar, divertirse, etc”.

Además, la naturaleza se enriquece por acumulación y también las ciudades han sido construidas a lo largo del tiempo y como resultado de la acumulación. Por ello, el espacio público es ejemplo de acumulación y de diversidad, ya sea en lo relacionado con la arquitectura que lo conforma, en lo que tiene que ver con las acciones y funciones que en ella se realizan o, finalmente, en lo que respecta a los habitantes que nos movemos en él.

Si en la agricultura el monocultivo tiene efectos nocivos para los ecosistemas, en los espacios que construimos, la monofuncionalidad también tiene efectos parecidos. Se pierde diversidad de usos y se pierde la riqueza que sólo la mezcla puede crear. El urbanismo se presenta en demasiadas ocasiones como una disciplina separadora de funciones, lo que no favorece la interacción social. Se acostumbra a

entender la teoría del urbanismo como la separación de las funciones de habitar, trabajar y pasar el tiempo libre. De esta forma, se desarrollan normas que clasifican y califican el territorio según una sola función, imposibilitando la mezcla de funciones cuando estas sean compatibles y deseables. La monofuncionalidad empobrece así la vida, la diversidad cultural y el paisaje urbano.

El urbanismo pensado desde la monofuncionalidad hace que los usos estén separados unos de otros y para la realización de distintas necesidades se requiere de un elevado consumo de energía, que se traduce en una menor eficiencia. El ocio se separa, así, de los lugares de trabajo y éstos, asimismo, de los lugares comerciales y de consumo. El elevado consumo de energía en esta disposición urbana no se refiere tan solo a la energía requerida para el traslado de un lugar a otro, sino al tiempo requerido para ello, creando condiciones que repercuten negativamente en la salud de las personas que habitan en ellas.

Ciudades pensadas en la acumulación y mezcla de funciones hacen que vivir, trabajar, disfrutar del ocio, realizar compras, visitar a las personas dependientes, estudiar..., requieran de menos tiempo y uso de transporte privado. Además son ciudades más seguras, donde se puede ver y ser visto, oír y ser oído. Ciudades más alegres, amigables y diversas.

## **La naturaleza aprovecha lo que tiene cerca**

La arquitectura vernácula es fruto de su medio. Se caracteriza por sus excelentes prestaciones con las fórmulas más elementales. La tradición discreta de la arquitectura popular siempre ha tendido a mantener una relación provechosa y sensata con su medio natural inmediato. También aquí se percibe la idea de lo “sostenible”. La idea consiste en adaptarse al entorno y tomar de él lo que éste ofrezca para poder construir.

Sin renunciar a las ventajas de la industrialización, el aprovechamiento de los materiales locales, unidos a las técnicas de construcción típicas del lugar, pueden dar las claves para desarrollar una arquitectura adaptada al entorno.

La arquitectura vernácula nos muestra que en los lugares en los que existen árboles se hacen columnas con sus troncos y dinteles para poder abrir los huecos de las puertas y sujetar las cubiertas. En las latitudes tropicales, en hábitats lacustres o inundables aparecen los palafitos, con cerramientos y tabiquería de hojas de plantas locales trenzadas. Donde hay piedra, se utiliza para apilarla y hacer paredes, mucho tiempo antes de haber aprendido a tallarla. Sin embargo, donde sólo hay tierra y paja, se hacen adobes o ladrillos.

Así, el diseño de cada construcción se adapta a las condiciones climáticas específicas de cada lugar. El calor del norte de África se combate mediante las

propiedades térmicas del adobe. En el trópico, los trenzados y entramados de estructuras ligeras permiten la ventilación permanente. La fisonomía específica de las construcciones vernáculas es el fruto de una evolución parecida a la de los organismos naturales. Mediante el procedimiento ensayo-error y con los medios que ha proporcionado el entorno, en una evolución de miles de años, se han pulido los tipos que luego se han replicado indefinidamente.

A pesar de que consideramos que la arquitectura vernácula se caracteriza por aprovechar lo que tiene cerca, y construir de acuerdo a los materiales disponibles alrededor, habría que ser cauto en la propuesta de seguir construyendo en el s. XXI como se hacía en el XVII, XVIII o XIX. Al menos, en lo que se refiere a las sociedades occidentales. Debemos considerar hoy en día que ésta sostenibilidad depende básicamente también de la magnitud del uso de los recursos.

De hecho, ¿qué es lo que tenemos cerca hoy en día? Si tenemos que responder a esta pregunta seguramente no lo haremos de la misma manera que en el siglo XVII, periodo en el que construir con materiales cercanos era lo normal. Piedra y madera en algunos casos, hojas de palma, bambú en otros. Ahora bien, como consecuencia de la explotación masiva de estos materiales, la cercanía de los mismos ya no es tan clara. Tal vez sean cercanos en lo que a cercanía física se refiere, pero no tanto en lo que a disponibilidad. Por ello, en la actualidad la cercanía tal vez hay que interpretarla de otra forma y la idea de aprovechar lo que se tiene cerca adquiere otro sentido en lo que a la arquitectura se refiere.

## **La naturaleza limita los excesos desde dentro**

La naturaleza beneficia al sistema porque busca el equilibrio del mismo, pero cuando las sociedades y sus dirigentes generan sistemas que benefician a unos pocos en detrimento de otros aumentan las desigualdades y se pierde el equilibrio. Cuando la naturaleza pierde el equilibrio ejerce el control desde dentro para recuperarlo. Este sistema de control interno se denomina autorregulación. Sociedades autorreguladas serían, por lo tanto, sociedades cuyo control interno lleva a un mayor equilibrio.

La autorregulación es un sistema interno que permite detectar los excesos y crear los mecanismos para no sobrepasar los límites. Se puede entender como una retroalimentación negativa que hace disminuir los excesos, permitiendo el crecimiento estructurado, tanto de los individuos como de los sistemas.

La sociedad, o, más en concreto, los agentes que dirigen la sociedad, regulan la arquitectura. La arquitectura, como producto social, para ser equilibrada depende de los colectivos en los que se crea. Así, las personas, lxs nuevxs arquitectxs, asociaciones de vecinxs, colectivos concienciados con la necesidad de autorregu-

lación pueden ser demandantes de arquitectura autorregulada, equilibrada en sus excesos, en el uso de materiales y tecnología.

Para ello, las propuestas educativas en los centros de arquitectura tienen que tener en cuenta la responsabilidad social de lxs profesionales para que la propia disciplina sea un agente de autorregulación.

La sociedad crece y se alimenta de sí misma. Es importante que profesionales y educadores con conciencia social y medioambiental trabajen en las escuelas de arquitectura haciendo propuestas innovadoras tanto en contenidos como en metodología. Que lleven a cuestionar, en última instancia, los modelos creados desde el exceso. Esto es, modelos creados en la abundancia y desde la abundancia, sin conciencia de los recursos limitados del planeta ni la desigualdad generada en su uso y distribución.

## **La naturaleza aprovecha el poder de los límites**

Este último punto está íntimamente ligado al anterior. Como hemos visto, la naturaleza se limita a sí misma, impone límites internos que evitan los excesos y fomentan la autorregulación. Así, la arquitectura debe limitarse a sí misma, desde la misma profesión. Para ello, también es fundamental la participación de lxs usuarixs.

Además de los límites internos o la autorregulación, la naturaleza aprovecha los límites externos. Así, la piel marca el límite entre el ser y el no ser. El ser humano crece tomando conciencia del exterior a través de la relación con el/x otrx. Por lo tanto, los límites externos también estructuran la propia idea del ser. Hacen comprensible la realidad. Así, la combinación de límites internos y externos es deseable también en arquitectura y urbanismo.

La arquitectura y el urbanismo que tienen en su centro a las personas usuarias, la ciudadanía y el conjunto de la sociedad, contribuyen a la regulación, la estructuración y definen los límites de lo que se construye y cómo se construye. Se entiende de esta manera que los límites son internos. Y los límites internos siempre son más fáciles de respetar que los límites externos o normativos, que son principalmente los que limitan hoy en día la arquitectura y el urbanismo.

Las normativas son necesarias para evitar excesos, sin embargo, un exceso de normativas puede dañar la arquitectura, encorsetando las propuestas y restándole creatividad e imaginación.

Lo deseable es una combinación de los dos tipos de límites: los internos (consensuados por usuarixs, profesionales e instituciones) y los externos (es decir, las normativas que regulan el uso del espacio y dan forma a nuestras ciudades y espacios comunitarios).

Los límites externos ideales serían aquellos con los que se dota una determina-



da comunidad para su funcionamiento, así se confunden los límites internos y los externos. Es decir, en este caso podemos constatar que los límites internos y las normativas son dos aspectos de una misma moneda.

Además existe otro tipo de límites que son realmente externos ya que no dependen de las personas y son los que nos impone la propia naturaleza. En este sentido, el litoral, los montes, los ríos, es decir, la orografía del lugar y su respeto debe de ser un límite que se debe respetar para no volver a cometer errores de otras épocas, en las que la prioridad no ha sido el respeto al medio ambiente.

## Conclusiones

Realizar arquitectura que cumpla todas las condiciones de los principios de la biomimesis es tal vez complicado. Sin embargo, creemos que nos podemos acercar a la arquitectura biomimética y sostenible.

La arquitectura vernácula, sin ser biomimética en sí misma, es quizás de entre las formas de arquitectura que conocemos, la que más cumple las condiciones de la biomimesis. De hecho, la arquitectura vernácula es la que más se adapta a las condiciones climáticas del lugar en el cual se construye, a las necesidades de las personas que la habitan. Utiliza recursos próximos sin sobreexplotarlos y materiales del entorno. Así, encontramos palafitos en el Amazonas, caseríos en zonas húmedas de climas atlánticos, iglús en los polos... todos ellos adaptados al entorno natural en el que se encuentran.

Sin embargo, replicar la arquitectura vernácula en sociedades modernas, tal y como se hacía en siglos anteriores tampoco parece la propuesta más adecuada. Sería necesario adaptarla a las necesidades y realidad actuales; ya que la explotación de recursos cercanos puede no ser sostenible hoy en día y tal vez hay que pensar en la utilización de otro tipo de materiales que sean más sostenibles y ecológicos o reciclados y reutilizados. Es decir, se puede pensar en las formas de la arquitectura vernácula y sus funciones con materiales cuya producción y uso no supongan una explotación de recursos naturales que pongan en peligro los ecosistemas. O bien, se puede pensar en maneras de producirlos de manera más eco-sostenible.

Muchos de los sellos que se utilizan para clasificar la arquitectura desde el punto de vista de la ecología y la sostenibilidad, no son adecuados desde nuestro punto de vista. La eficiencia energética se ha convertido en una necesidad. La sociedad está cada vez más concienciada de que los recursos del planeta son, por un lado, limitados y están, por otro, mal repartidos. Sin embargo, se da la paradoja de que las herramientas de las que nos dotamos para medir la sostenibilidad y el grado de eficiencia energética de los productos de uso doméstico y las edificaciones se fijan solamente en los resultados finales de los procesos, es decir en la medición

final del consumo energético única y exclusivamente. Esta perspectiva obvia el hecho de que los excesos de tecnología usada en una edificación ocultan otro tipo de consumos, tanto en su fabricación como en su mantenimiento, además de crear una sociedad plagada de artefactos tecnológicos que son absolutamente prescindibles.

La arquitectura biomimética, entendida como la imitación de las formas de la naturaleza o el empleo de elementos naturales dentro de la arquitectura, no es tampoco sostenible en sí misma. Encontramos muchos ejemplos de arquitectura que puede ser etiquetada falsamente de biomimética y que se basa única y exclusivamente en la imitación de las formas de la naturaleza, dando como resultado edificios que pueden ser bellos en su forma pero que, en ningún caso, pueden ser clasificados por lo que entendemos como una arquitectura que respete los principios de la biomimesis, tal y como lo hemos definido en este texto.

El paradigma de la biomimesis es un paradigma reciente, cuyo desarrollo es desigual en las distintas disciplinas a las que se está aplicando. Desde nuestro punto de vista las posibilidades que ofrece para la arquitectura están aún por explorar en su totalidad. Hay tímidos intentos de realizar arquitectura biomimética que son aún parciales. Muchos de esos intentos parciales, además, se basan en el uso de elementos naturales, como plantas etc., dentro de los edificios para lograr, por ejemplo, una mejor calidad del aire. Esos intentos, siendo interesantes a nivel experimental, no pueden tampoco ser considerados biomiméticos en sí mismos. En ese sentido, podríamos decir que es más fácil hoy por hoy tener claro lo que no es arquitectura biomimética que lo que es.

Finalmente, este paradigma debe contener tanto la idea de ecología como de sostenibilidad. Desde nuestro punto de vista, cualquier copia de la naturaleza tanto en su funcionamiento como en su forma que no sea ecológica ni sostenible no será biomimética, por mucho que se parezca al original. El paradigma de la biomimesis, aplicado a la arquitectura, debe ampliar la visión de la ecología y la sostenibilidad para lograr la integración de ambos conceptos.

## NOTAS

<sup>1</sup> <http://www.oei.es/historico/decada/accion.php?accion=1>

<sup>2</sup> <http://economiecirculaire.org/>

<sup>3</sup> [https://elpais.com/elpais/2017/05/08/seres\\_urbanos/1494242952\\_397202.html](https://elpais.com/elpais/2017/05/08/seres_urbanos/1494242952_397202.html)

<sup>4</sup> <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/programmes/government/circular-cities-network>

<sup>5</sup> <http://ecohousing.es/que-es-ecohousing/que-es-cohousing/>

**BIBLIOGRAFÍA**

- AIA Research Corporation for the U.S. Dept. of Housing and Urban Development, Office of Policy Development and Research in Cooperation. 1978. *Regional Guidelines For Building Passive Energy Conserving Homes*. Washington: The GPO Office.
- AMERIGO, M. & PÉREZ LÓPEZ, R. 1998. Ambientes residenciales. In Aragonés, J. I. & Amerigo, M (Eds.). *Psicología Ambiental*. Madrid: Pirámide.
- BENYUS, J. (1997). *Biomimicry. Innovation inspired by nature*. New York: Harper Collins.
- BLUNDELL JONES, P. (1999). *Hugo Häring. The Organic versus the Geometric*. Stuttgart: Axel Menges.
- CAPRA, F. (1982). *El Punto Crucial. Ciencia, Sociedad y Cultura naciente*. Barcelona: Ed. Integral.
- FUJIMOTO, S. (2008). *Primitive Future*. Tokyo: INAX Publishing.
- GEA 21. (2007). *Viviendas que concilian. La perspectiva de género aplicada a las viviendas de nueva construcción*. Madrid: Concejalía de Igualdad y Empleo. Ayuntamiento de Fuenlabrada.
- HAYDEN, D. (1984). *Redesigning the American Dream: The Future of Housing, Work and Family Life*. New York: W. W. Norton.
- MAX NEEF, A. M. (1986). *Desarrollo a escala humana: Conceptos, aplicaciones y reflexiones*. Barcelona: Icaria Editorial.
- MITXELENA, A. (2014). *La Esencia Humana de la Casa*. Bilbao: UPV/EHU.
- MUXI, Z. (2015). Margarete Schütte-Lihotzky 1897-2000. *Un día | una arquitecta*. Obtenido de <https://undiaunaarquitecta.wordpress.com/2015/04/16/margarete-schutte-lihotzky-1897-2000/> (consultado el 9 de julio de 2017).
- PAWLYN, M. (2011). *Biomimicry in Architecture*. London: Riba Publishing.
- RIECHMANN, J. (2006). *Biomímesis. Ensayo sobre imitación de la naturaleza. Ecosocialismo y autocontención*. Madrid: Catarata.
- SCHINDLER, R. M. (1934). *Space Architecture*. California: Dune Forum.