

# HACIA LA SOSTENIBILIDAD DESDE LA ARQUITECTURA Y LA ECOSOFÍA

Lazos entre la *ecología mental*,  
la neurociencia emocional y el espacio

TOWARDS SUSTAINABILITY FROM ARCHITECTURE  
AND ECOSOPHY

Links Between *Mental Ecology*, Emotional  
Neuroscience and Space

**ISABEL LOREDO**

Signare Estudio  
orcid.org/0000-0003-2801-7376

Recibido: 1 de mayo del 2020

Aprobado: 8 de diciembre del 2020

doi: <https://doi.org/10.26439/limaq2021.n007.5177>

El presente artículo surge de la revisión de libros e investigaciones relacionados con la sostenibilidad, desde los ejes de la arquitectura, filosofía, psicología y neurociencia. Aborda la problemática ecológica desde la propuesta *ecosófica* (ecología medioambiental, social y mental) de Félix Guattari y plantea caminos transdisciplinarios para su realización. Asimismo, expone la relación de la *ecología mental* con la dimensión existencial, artística y ética de la arquitectura, utilizando como soporte la neurociencia emocional. Finalmente, plantea la sensibilización del diseño a través del conocimiento transdisciplinar del ser humano, para lograr así una ideación sensible en las propuestas arquitectónicas.

ecosofía, ecología mental, bioarquitectura,  
economía del comportamiento, neurociencia,  
transdisciplinar, ética en la arquitectura,  
sostenibilidad

This article arises from the review of books and research related to sustainability in terms of architecture, philosophy, psychology and neuroscience. It deals with the ecological problem from Felix Guattari's *ecosophical* approach (environmental, social and mental ecology) and proposes transdisciplinary paths for its fulfillment. It also presents the relationship between *mental ecology* and the existential, artistic and ethical dimension of architecture based on emotional neuroscience. Finally, it raises design sensitization through the transdisciplinary knowledge of human beings in order to achieve a sensitive ideation in architectural proposals.

ecosophy, mental ecology, bioarchitecture,  
behavioral economics, neuroscience,  
transdisciplinary, ethics of architecture,  
sustainability

## INTRODUCCIÓN

La sostenibilidad es, hoy en día, un tema de gran relevancia debido a la situación de crisis climática que enfrenta la humanidad. La arquitectura tiene grandes desafíos al respecto, debido a que su proceso requiere de energía y materiales para su elaboración, así como una proyección de bajo consumo para cuando sea habitada. Dentro de la problemática arquitectónica también se tiene en cuenta el bienestar de las personas en los espacios; sin embargo, dicho aspecto requiere de mayor profundización. Respecto a ello, el espíritu transdisciplinar de los tiempos y el surgimiento de nuevas áreas de conocimiento, así como la interrelación entre la arquitectura y la neurociencia, podrían aportar para su desarrollo. Por otro lado, el análisis de la sostenibilidad tiene otros matices cuando se ve desde la perspectiva de otras disciplinas, como la biología, la psicología y la filosofía.

El presente artículo aborda la problemática de la sostenibilidad en la arquitectura desde la propuesta de la *ecosofía* de Félix Guattari (1996), que es la sabiduría del habitar y plantea caminos transdisciplinares que pueden darle forma. Asimismo, expone la relación de estas materias con la dimensión existencial, artística y ética de la arquitectura, utilizando como soporte la neurociencia.

## EL CEREBRO, LA PERCEPCIÓN Y EL ENTORNO

El cerebro tiene un complejo sistema de redes neuronales que dependen del cuerpo para percibir lo que pasa en el entorno. Para ello, el ser humano tiene distintos sentidos y es mediante ellos que se comunica con otros seres vivos (véase la figura 1). Años de evolución lo han dotado de una —cada vez más conectada— corteza prefrontal que tiene importantes funciones para la convivencia social.

La neurociencia ha logrado grandes avances respecto al entendimiento del cerebro, pero la exploración de la mente no solo ha sido realizada por científicos; muchas veces han sido artistas quienes han conseguido ahondar, sin emplear el método científico, en los misterios del pensamiento (Lehrer, 2010). Al respecto, Félix Guattari (1996), psicoanalista y filósofo francés, dijo que las mejores cartografías de la psique habían sido realizadas por Goethe, Proust, Joyce, Artaud y Beckett, todos escritores y poetas. El caso de Proust, cuyo proceso consistía en explorar su memoria, ha sido estudiado por los psicólogos Herz y Schooler (2002), que tenían la sospecha de que el escritor había revelado algunos caminos de la percepción. Ellos querían probar científicamente lo que experimentó y describió el autor cuando probó una galleta bañada en té y súbitamente recordó sucesos de su infancia. Es así que demostraron que las señales olfativas aumentan la calidad de la intensidad emocional de los recuerdos en relación con las señales verbales o visuales y corroboraron que el área olfativa es única entre los sentidos en hacer sinapsis con el intrincado conjunto amígdala-hipocampo: la base neural de la memoria emocional (Aggleton y Mishkin, 1986, citados por Herz y Schooler, 2002; Cahill, Babinsky, Markowitsch y McGaugh, 1995, citados por Herz y Schooler, 2002).

TODO COMIENZA Y TERMINA CON LAS NEURONAS: DESDE TUS RECEPTORES SENSORIALES HASTA LOS NERVIOS QUE CONTROLAN TUS MÚSCULOS. TODO LO QUE SIENTES, RECUERDAS O SUEÑAS ESTÁ ESCRITO EN ESTAS CÉLULAS.

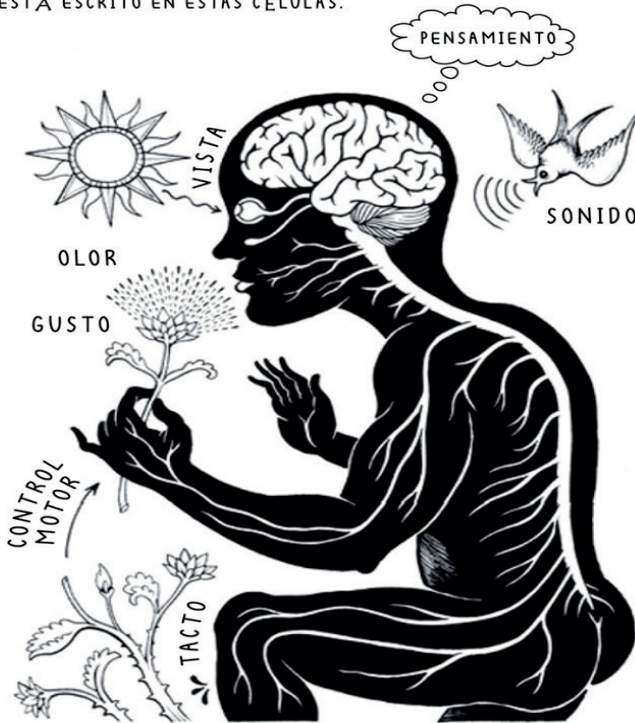


Figura 1. Ilustración del libro *Neurocomic*

Fuente: Farinella y Roš (2013)

Traducción propia

Lo que se sabe de la percepción, desde el ámbito del diseño arquitectónico, se basa mayormente en lo visual; también se basa en el aspecto físico (escala humana y antropometría), en el movimiento del cuerpo y el desplazamiento de las personas, en las variables del entorno (iluminación, acústica, acondicionamiento ambiental, etcétera) y, aunque de forma menos precisa, en el aspecto simbólico. Sin embargo, los alcances de la percepción humana en los espacios, lo que ello implica para la construcción de significado en las personas y su impacto en el desarrollo humano, son aspectos que no se trabajan en la carrera, quizás porque requiere del diálogo con otras disciplinas. Esta idea puede ejemplificarse con el conocimiento del Hombre de Vitruvio y el Modulor de Le Corbusier, así como el desconocimiento de otros gráficos sobre el cuerpo que podrían ser la ruta para entender lo que implica la arquitectura en la mente. Tal es el caso del Homúnculo de Penfield (véanse las figuras 2 y 3), novedoso y comunicativo dibujo realizado por el neurocirujano Wilder Penfield (1950), donde los tamaños de las partes del cuerpo representan las áreas del cerebro que abarcan el funcionamiento sensorial y motor; es por eso que se observa un rostro y manos gigantescas, haciendo evidente la percepción háptica: la capacidad de percibir mediante la piel las características del entorno (humedad, calor, texturas, etcétera).

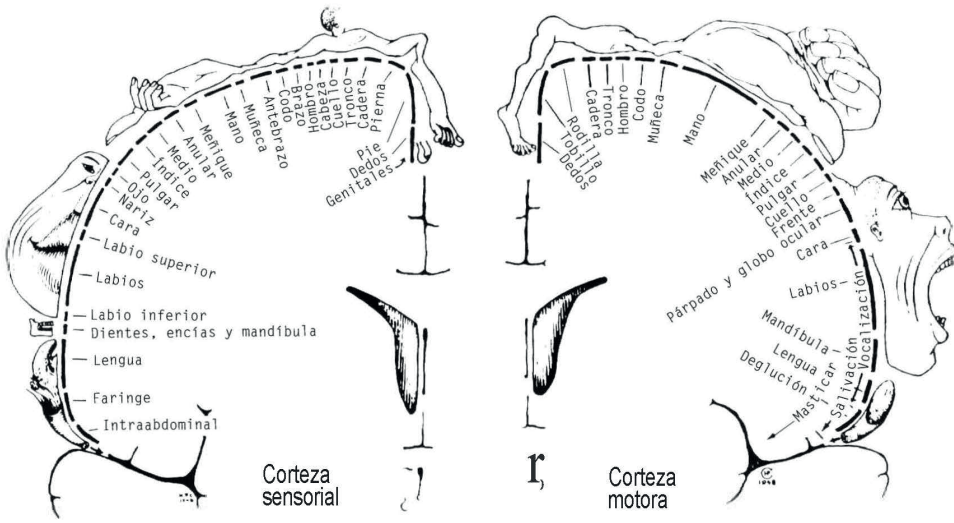


Figura 2.  
Homúnculo  
sensorial  
(izquierda) y motor  
(derecha)

Fuente: Guenther  
(2016)

Traducción propia



Figura 3. Versión  
tridimensional  
hecha en yeso  
del Homúnculo de  
Penfield (sensorial)

Fuente: Guenther  
(2016)

En el pasado, este complejo funcionamiento traspasó los límites del cuerpo y logró una simbiosis con el entorno, incluso en detalles de escala doméstica. Por ejemplo, en Cuevas Sidubu, Sudáfrica, descubrieron una “ropa de cama” (de hace 77 000 años) cuya fibra estaba hecha con hojas del árbol *Cryptocarya woodii* (y varios otros materiales) que contiene insecticidas y larvicidas naturales muy efectivos contra los mosquitos que hoy en día transmiten enfermedades mortales (Wadley, 2011, citado por Pringle, 2013).

Esta simbiosis con la naturaleza, su conocimiento y manejo, la inventiva enfocada a la supervivencia, no son aspectos que se observan en estos días. Guattari (1996), en el libro *Las tres ecologías*, hace un análisis del porqué la humanidad se encuentra en esta situación.

### La paradoja de Guattari

Guattari (1996) plantea la siguiente paradoja: la existencia (de desarrollo) de nuevos medios técnico-científicos que pueden resolver las problemáticas ecológicas, versus la incapacidad de las fuerzas sociales para operarlas. Esta contraposición revela que hace falta mirar otros aspectos cuando se habla de sostenibilidad.

En el análisis de la problemática, el autor da detalles sobre los siguientes componentes:

- **El CMI.** Define al capitalismo posindustrial como *capitalismo mundial integrado* (CMI) y asegura que este “tiende cada vez más a descentrar sus núcleos de poder de las estructuras de producción de bienes y de servicios hacia las estructuras productoras de signos, de sintaxis y de subjetividad” (Guattari, 1996, p. 42).
- **Los instrumentos del CMI.** Para el autor, los instrumentos sobre los que reposa el CMI son: (a) las semióticas económicas, (b) las semióticas jurídicas, (c) las semióticas técnico-científicas y (d) las semióticas de subjetivación. En este último instrumento incluye a la arquitectura y al urbanismo.
- **El sistema de valoración.** Indica que hoy en día la humanidad le da una valoración equivalente a los bienes materiales, culturales y a los espacios naturales.

### LA ECOSOFÍA DE GUATTARI

Para resolver la situación de crisis en la que se encuentra la humanidad, Guattari (1996) propuso la *ecosofía*, el trabajo sobre tres ecologías: la ecología medioambiental, la ecología social (las relaciones sociales) y la ecología mental (subjetividad humana) (p. 8). Tres dimensiones que invitan a ampliar el foco sobre la problemática ambiental, llevándola también al campo de la mente (el cuerpo y el pensamiento sobre la existencia) y las relaciones interpersonales (en el seno familiar y en los distintos grupos sociales). Para ello, plantea dos

miradas: una macro, a escala planetaria, y otra micro, a escala molecular. En ambas resalta la importancia del desarrollo de la sensibilidad y asevera que el camino para lograrlo es el medio artístico.

Guattari plantea las siguientes posibilidades: (a) la generación de nuevos territorios existenciales; (b) nuevos sistemas de valoración; y (c) una heterogénesis, lo que define como procesos continuos de resingularización (individuos diferentes).

La propuesta de *Las tres ecologías* se construye principalmente sobre el entramado social, debido a que una respuesta ambiental técnica puede no cambiar en absoluto la esfera del pensamiento que es la causante de la crisis. Las temáticas expuestas a continuación son ramas de diferentes ámbitos que pueden significar un aporte (concreto o conceptual) para una *ecología social y mental*.

## BIOARQUITECTURA

Existen recientes y prometedoras propuestas caracterizadas por ubicarse en campos en que distintas disciplinas intervienen. Se encuentran en una escala todavía menor en cuanto a fabricación, pero a escala monumental en idea. Es el caso del trabajo conjunto entre la biología sintética y la arquitectura. La primera disciplina no encuentra definición que satisfaga a todos (Diéguez, 2013), pero se entiende mejor como la creación de sistemas biológicos diseñados deliberadamente mediante principios ingenieriles (Balmer y Martin, 2008).

En este marco encontramos a la arquitecta Neri Oxman, profesora del MIT, que propone una *bioarquitectura*. Oxman (2011) observó que la producción de prototipos virtuales y físicos existentes tenían muchas limitaciones: (1) son de un solo material (con propiedades homogéneas en todas sus partes); (2) debido a ello, son estructuralmente ineficientes; y (3) generan desperdicio (p. 3).

Con base en este análisis, propuso un sistema de modelación y fabricación por capas *bioinspirado* (imitando la producción orgánica de la naturaleza), llamado Prototipos Rápidos de Propiedad Variable (VPRP por sus siglas en inglés), y un *software* de modelación tridimensional llamado Modelación de Propiedad Variable (VPM por sus siglas en inglés). Esta tecnología permite mezclar, clasificar y variar dinámicamente las propiedades (densidad, elasticidad, translucidez, etcétera) del material para que este tenga componentes funcionales distintos (Oxman, 2011, p. 8), como hace la naturaleza a nivel celular. Además, en un posterior estudio, el equipo logró (mediante la combinación de hidrogeles naturales) elaborar sistemas biodegradables a escala arquitectónica (Mogas-Soldevila, Duro-Royo y Oxman, 2014). Finalmente, también han asumido el reto de crear una nueva clase de materiales vivos funcionales para productos de arquitectura y diseño, mediante la combinación de la impresión 3D y la biología sintética (Oxman, 2015, p. 106). De este modo, se traza un camino para un futuro con una arquitectura orgánica (en el amplio sentido de la palabra) que tiene un menor impacto ecológico, que optimiza materiales, que crece y que se biodegrada.

El acercamiento de la arquitectura hacia parámetros de la naturaleza avanza a pasos agigantados. Ello ha implicado el trabajo en escalas nada habituales para los diseñadores (como la escala molecular). Logrando así posibilidades antes no pensadas. Cabe el cuestionamiento de si la propuesta es un medio tecnológico alejado de tantas otras realidades de la sociedad. Sin embargo, se trata de la primera de ellas que parece tener un concepto más allá de los límites constructivos. Si la idea de una *bioinspiración* (orgánica, precisa, oportuna, económica, singular, diversa, etcétera) pudiera extrapolarse a ámbitos del comportamiento humano, se estaría planteando como parte de una *ecología mental*.

## ECONOMÍA DEL COMPORTAMIENTO

Cuando se habla de comportamientos que sean favorables para el medioambiente, se hace referencia a hábitos que son difíciles de adquirir. Es aquí donde la economía del comportamiento puede probar que es posible lograrlo. Mullainathan y Thaler (2000) sostienen que dicho concepto combina conocimientos de psicología y economía e investiga agentes que muestran complicaciones y limitaciones humanas en los mercados. Podemos tomar de ejemplo una dinámica cotidiana y conocida: ahorrar para la jubilación. La acción de ahorrar tiene una dificultad cognitiva, requiere de autorregulación y fuerza de voluntad, es por eso que es difícil de conseguir. Otra característica de la economía del comportamiento es que los conceptos económicos se basan en una visión dinámica del refuerzo, observándose tasas interdependientes entre la respuesta a un estímulo y el refuerzo de la conducta (Hursh, 1984), lo que la hace poderosa.

En el contexto de la pandemia del COVID-19, un reciente estudio de Haushofer y Metcalf (2020) indica que vale la pena invertir en la conducta de las personas, especialmente en entornos de bajos recursos, dado que la única herramienta útil y segura (hasta que la mayoría de la población esté vacunada) para reducir la transmisión del virus, es el comportamiento: lavarse las manos, toser o estornudar cubriéndose el rostro con el antebrazo y mantener un distanciamiento físico y social. Estas intervenciones sobre la conducta son de bajo costo, de fácil implementación y muy eficaces, en especial cuando las personas tienen la voluntad de realizar dichas acciones, pero les cuesta trabajo hacerlas por el olvido, la falta de atención o la procrastinación (Haushofer y Metcalf, 2020). Es decir, tienen un grado de motivación para realizarlas, pero lo olvidan y no se registra como un hábito.

El estudio menciona varios casos que corroboran dicha premisa. Por ejemplo, en Kenia se realizó una campaña que trabajó sobre la proyección al futuro de las personas, con la cual lograron aumentar de 22 % a 28 % las tasas de uso de cloro en el agua potable del hogar para su desinfección (Haushofer y Orkin, 2019, citado por Haushofer y Metcalf, 2020). Otro estudio en la India promocionó la higiene con mensajes emocionales, lo cual aumentó el lavado de manos (Biran *et al.*, 2014, citados por Haushofer y Metcalf, 2020). Otras intervenciones involucran al diseño; en estos casos, la presencia de elementos es de uso y recordatorio de un comportamiento. Por ejemplo, en un estudio

en Sierra Leona se logró el aumento de las tasas de finalización de vacunación de 54 % al 62 %, debido a la entrega de pulseras de colores a los padres que completaban el ciclo (Karing, 2018, citado por Haushofer y Metcalf, 2020). Para otro estudio de lavado de manos se instalaron dispensadores de jabón de bajo costo y dio como resultado que un 23 % de personas lo usó diariamente para la cena (Hussam, Rabbani, Reggiani y Rigol, 2017, citado por Haushofer y Metcalf, 2020). Otro estudio en Irak usó una simple estrategia: incrustar juguetes en los jabones, lo que logró el aumento de lavado de manos en niños (Watson *et al.*, 2019, citado por Haushofer y Metcalf, 2020).

Una de las conclusiones de los investigadores es que el trabajo conjunto entre la economía del comportamiento y la epidemiología de las enfermedades infecciosas puede generar herramientas poderosas. Si bien cambiar los hábitos de las personas es una tarea difícil, estos estudios muestran que los elementos físicos motivan e influyen en el comportamiento, colaborando en el logro de una conducta deseada. La arquitectura sostenible podría estar pensada también en esos términos, si se toma conciencia de que el diseño trabaja como estímulo y, a la vez, como refuerzo.

## LA ARQUITECTURA Y LA SUBJETIVIDAD DE LA MENTE

Lois Weinthal (2011) realizó una antología de la teoría del diseño interior y la ordenó en un gráfico (véase la figura 4) de ocho capas concéntricas alrededor del ser humano: (1) cuerpo y percepción, (2) ropa e identidad, (3) muebles y objetos, (4) colores y superficies, (5) mapeo del interior, (6) recámaras privadas, (7) *performance* pública y (8) conexión del interior con el exterior. La autora usa la metáfora de una cebolla para explicar que se trata de capas que se superponen y que comparten relaciones espaciales. En el gráfico se observa que no son círculos perfectos exactamente separados, por el contrario, se cruzan, se intersectan y se traslapan; son algo tan orgánico como la mente y representan las diferentes capas de diseño que muestran su proyección en el espacio. Dicha antología contiene ensayos y trabajos de artistas y diseñadores de diversos rubros, y muestra sus procesos de diseño, así como los significados y condición existencial de sus creaciones. Diversos ensayos abarcan también la inquietud que despierta la proyección de la mente en el diseño y la influencia de los espacios en ella.

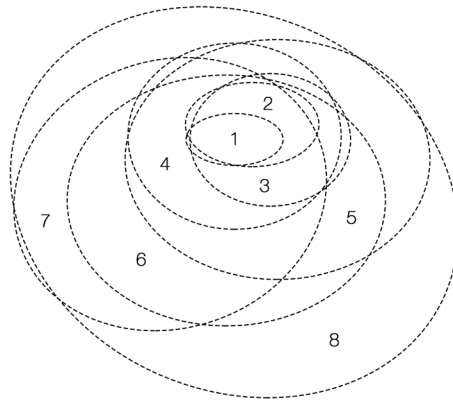


Figura 4. Reproducción del gráfico *Capas Concéntricas Anidadas* del diseño interior, de Lois Weinthal

Fuente: Weinthal (2011)



La idea de que la arquitectura influye en las personas no es nueva. Mallgrave (2011) relata que en 1673 Perrault publicó una traducción del tratado de Vitruvio en la cual agregó una nota. En ella señaló la innovación al clasicismo del arquitecto helenístico Hermógenes, al eliminar una fila interior de columnatas y generar que la exterior quede en relieve, generando una proyección de sombra que creaba una tensión visual (efecto) que daba la sensación de majestuosidad. El autor acota que se trata de la primera justificación estética en la teoría de la arquitectura basada en un efecto fisiológico (p. 32).

El impacto de la arquitectura en las personas tiene una condición estética ligada a las emociones. El orden de las capas concéntricas de Weinthal connota las escalas de percepción y su entramado emocional. La neurociencia emocional puede permitir que el campo subjetivo deje de ser un ámbito confuso e incluso a veces ignorado en la arquitectura.

### Neurociencia emocional e imagen arquitectónica

El neurocientífico Antonio Damasio publicó en 1995 un libro con los resultados de sus estudios. En él explica que el ser humano tiene una estructura muy antigua (presente durante toda su evolución) en el centro del cerebro, que genera y procesa las emociones. Esta estructura, conocida como sistema límbico o subcortical, se encarga de la supervivencia y regula los procesos vitales básicos sin que intervenga la razón. Existe otra área del cerebro que es moderna (desde el punto de vista evolutivo): la neocorteza o sistema cortical. En ella existen redes dedicadas al proceso de pensamiento (razonamiento) y a la selección de respuestas (toma de decisiones), y tiene un énfasis especial en el dominio personal y social; asimismo, estos sistemas están implicados en las emociones, los sentimientos y también procesan señales procedentes del cuerpo (Damasio, 2014, p. 117). El autor explica que el área subcortical tiene circuitos que intervienen en las áreas más modernas del cerebro, es decir, que la emoción y la razón no están separadas, como se solía pensar, sino que se intersectan.

Damasio expone también que el conocimiento se registra en imágenes. Las define como *imágenes perceptuales* e *imágenes rememoradas*, donde las primeras son algo que percibimos en el momento presente y las segundas son la formación de recuerdos (incluso también situaciones que imaginamos en el pasado, pero que no sucedieron). Estas imágenes no son una fotografía, sino “un medio de reconstruir ‘una imagen’ [...] las pautas de disparo que desencadenan la reconstrucción momentánea de una representación aproximada” (Damasio, 2014, p. 155). Estas representaciones neurales dependen de la actividad de circuitos en los sectores modernos del cerebro que registran nuestras experiencias adquiridas, pero estos sectores a la vez dependen del sistema antiguo, debido a que este está constantemente evaluando nuestra supervivencia (Damasio, 2014, pp. 165-166).

El nexo entre “imágenes” —pautas de disparo— y la arquitectura es abordado por el arquitecto finlandés Juhani Pallasmaa. Él menciona que los espacios

habitados y las experiencias arquitectónicas se registran en la memoria, en especial aquellos que han tenido un gran significado para la persona. Los define como la “imagen corpórea”: “una experiencia vivida espacializada, materializada y multisensorial” (Pallasmaa, 2014, p. 8). Asimismo, precisa que la forma artística más cercana a la arquitectura es el cine (debido a su contenido perceptual); asegura que hay un terreno entre las dos disciplinas donde se fusionan el espacio interior mental y el espacio exterior del mundo formando un “vínculo quiasmático” (Pallasmaa, 2016, p. 61). Visto así, la ligazón entre la percepción, la emoción (suerte de sistema de evaluación), la existencia (supervivencia), el intelecto y el territorio, son materia de interés para la arquitectura.

### **Arquitectura: lo que el cuerpo y la mente necesitan**

El espacio arquitectónico tiene como primera función proteger a las personas de las condiciones del entorno que puedan amenazar su integridad. La peligrosidad del exterior (su condición de supervivencia) es al sistema subcortical, como el tiempo sosegado del interior (el espacio que permite el pensamiento reflexivo) es al sistema cortical. El entramado entre ambos sistemas evidencia la condición existencial de la arquitectura y lo cercano del intelecto con las pulsaciones más básicas. Se comprenden de mejor forma diferentes definiciones de la arquitectura. Por ejemplo, Norberg-Schulz (1975) define al espacio arquitectónico como la concretización del espacio existencial. Asimismo, el filósofo Gastón Bachelard puntualizó que la casa es un instrumento para afrontar el cosmos (Bachelard, 1957, citado por Pallasmaa, 2010). Se puede entender que la arquitectura es el cobijo que cuerpo y mente necesitan. Sobre ello, Pallasmaa (2016) precisa que la arquitectura no solo brinda cobijo y estimulación sensorial, sino que:

los edificios son proyecciones mentales [...] Las ciudades y los edificios, junto con los objetos artificiales, estructuran la experiencia existencial e invocan significados específicos. Las estructuras que construye el ser humano “domesticar” el mundo para que podamos habitarlo y comprenderlo. (pp. 89-90)

La arquitectura es también la construcción del mundo mental del ser humano y contiene sus memorias, desde que empezó a habitar las cavernas y esa estructura subcortical lo acompañaba y protegía. Ahora bien, esta arquitectura puede cobijar y contener, pero también afectar mentalmente a las personas.

### **La dimensión ética de la arquitectura**

Un caso conocido de instrumento arquitectónico para la manipulación del comportamiento con fines inhumanos es el esquema panóptico, diseñado por Jeremy Bentham en 1791. Michel Foucault realizó un análisis de este en el libro *Vigilar y castigar* (2009) y lo describió como una arquitectura de control mental debido a que la disposición del espacio radial y el diseño de la tabiquería permitía al carcelario vigilar y provocaba en el detenido un estado consciente de estar siendo vigilado. En este caso, la arquitectura trabaja como un instrumento que genera situaciones de poder y respuestas fisiológicas.

Retomando el tema de las “imágenes”, Pallasmaa (2014) dice que hay dos tipos en relación con la libertad del ser humano, unas son de control y las otras de emancipación:

Las imágenes concebidas para el condicionamiento político y de consumo ilustran bien el primer tipo, mientras que las liberadoras imágenes poéticas o artísticas ilustran el segundo. La primera categoría restringe, confina y debilita la libertad, la capacidad de elección y la individualidad del sujeto, enfocando y canalizando su conciencia y su atención hacia un patrón forzado y, a menudo, basado en el sentimiento de culpa y de inferioridad del sujeto. La segunda categoría abre, fortalece y libera por medio del refuerzo de la imaginación, la emoción y el afecto. (p. 20)

La dimensión ética de la arquitectura no es tema muy hablado en las facultades y escuelas, no por lo menos en la forma y profundidad que requiere. La intención y responsabilidad en la generación de imágenes arquitectónicas implican una educación para una imaginación idealista. Pallasmaa (2016) señala que “El deber de la educación es cultivar y apoyar las capacidades humanas de imaginación y empatía” (p. 82), e indica que el camino es a través de una formación sensorial, exclusiva —por ahora— de la educación artística.

## ARQUITECTURA Y NEUROCIENCIA

Existen evidencias del impacto de algunas características del espacio físico en las personas. Por ejemplo, el estudio de Küller, Mikellides y Janssens (2009) describe los efectos psicológicos y fisiológicos en las personas producidos por espacios intervenidos con distintos colores. Ellos concluyen que el buen uso del color sirve para mejorar el estado de ánimo y generar bienestar. Por otro lado, en el contexto escolar se ha medido el aprendizaje de asignaturas específicas en relación con el diseño físico de las aulas. Encontraron que la individualización es importante para la asignatura de matemáticas, la conexión, para la lectura y los enlaces con la naturaleza, para la escritura (Barrett, Davies, Zhang, y Barrett, 2017). Se ha estudiado también la relación entre el aprendizaje y el confort térmico en el interior del aula. Wargocki y Wyon (2007) concluyeron que una temperatura neutra le favorece. Asimismo, Haverinen-Shaughnessy y Shaughnessy (2015) corroboraron que mantener un confort térmico y una ventilación adecuada puede mejorar significativamente el rendimiento académico de los estudiantes. En relación a la creatividad, Steidle y Werth (2013) investigaron el efecto de la luz y la oscuridad en el desempeño creativo, demostrando que la oscuridad previa y la iluminación tenue mejoran su rendimiento. Y respecto al mobiliario, el estudio de Mehta, Shortz y Benden (2015) encontró que la utilización continua de escritorios de pie genera mejoras significativas de las funciones ejecutivas en los estudiantes.

Estos estudios ponen en evidencia la importancia de variables que parecen estar en el ámbito del sentido común, pero que en términos científicos contribuyen al cuerpo de conocimiento de la neurociencia y el espacio arquitectónico. Generar investigaciones que aborden las imágenes arquitectónicas,

los significados y conceptos del espacio desde la neurociencia, y además plantearlo desde la sostenibilidad y la *ecología mental*, pueden también enriquecer esta área.

## CONCLUSIONES

El análisis realizado por Guattari desmenuza componentes que son transversales entre diversas materias. Las limitaciones que tiene la humanidad para lograr una ciudad y arquitectura sostenible son también consecuencia del CMI: el crecimiento del mercado inmobiliario y el diseño que responde a los requerimientos de inversionistas ha generado que la arquitectura sea muchas veces una imagen vacía y desconectada de las necesidades de las personas. Esta situación ha hecho que la imagen arquitectónica se posicione junto a la publicidad, como parte del sistema de comunicación del CMI. Incluso, las soluciones sostenibles (que suelen ser aisladas) han pasado a formar parte de este al ser utilizadas como argumento de venta y propaganda.

La contraposición de la *imagen que libera* versus la *imagen que manipula* puede ser la consideración que falta para plantear una *ecología mental* en la arquitectura y está ligada a la ética de la profesión. El concepto de reconexión de las personas con su propia naturaleza se amplifica al entender, desde la neurociencia, la ligazón de las emociones suscitadas por la arquitectura y la supervivencia. Por otro lado, la vertiente de *bioinspiración* ligada al estudio conductual (neurobiología) puede ser un campo de gran potencial en la búsqueda de la sostenibilidad.

En suma, la *ecosofía* planteada por Guattari puede aplicarse a la arquitectura de la siguiente manera: (a) revalorizando la naturaleza artística del diseño arquitectónico (incluyendo el proceso de sensibilización), (b) logrando una diferenciación —resingularización— del diseño y de los espacios, (c) cobijando nuevos territorios existenciales, y (d) poniendo en valor el espacio existencial (por su importancia vital). Ello implica plantear mejoras en la formación de los arquitectos, que puede darse a través de una educación transdisciplinar, para ampliar la visión ambiental (entorno sostenible). Las competencias por desarrollar en sostenibilidad tienen una íntima relación con el proceso creativo proyectual y deben centrarse en (a) lograr una mayor percepción de la problemática y las necesidades del ser humano, (b) poseer una imaginación e ideación sensible, (c) obtener propuestas con inventiva ética y (d) buscar el enriquecimiento de la forma de vivir de las personas bajo la premisa de una *ecología mental*.

## REFERENCIAS

- Aggleton, J. P., y Mishkin, M. (1986). The Amygdala: Sensory Gateway to the Emotions. En R. Plutchik y H. Kellerman (Eds.), *Emotion: Theory, Research and Experience*, vol. 3: Biological Foundations of Emotion. Orlando: Academic Press.
- Bachelard, G. (1957). *La poétique de l'espace*. París: Presses Universitaires de France.
- Balmer, A. S., y Martin, P. (2008). *Synthetic biology: Social and ethical challenges*. Nottingham: Institute for Science and Society University of Nottingham.
- Barrett, P., Davies, F., Zhang, Y., y Barrett, L. (2017). The Holistic Impact of Classroom Spaces on Learning in specific subjects. *Environment and Behavior*, 49(4), 425-451. doi: 10.1177/0013916516648735
- Biran, A., Schmidt, W. P., Varadharajan, K. S., Rajaraman, D., Kumar, R., Greenland, K., Gopalan, B., Aunger, R., y Curtis, V. (2014). Effect of a Behavior-Change Intervention on Handwashing with Soap in India (SuperAmma): A Cluster-Randomised Trial. *The Lancet Global Health*, 2(3), e145-e154.
- Cahill, L., Babinsky R., Markowitsch, H. J., y McGaugh, J. L. (1995). Amygdala and Emotional Memory. *Nature*, 377, 295-296.
- Damasio, A. R. (2014). *El error de Descartes: La emoción, la razón y el cerebro humano*. Barcelona: Editorial Planeta.
- Diéguez, A. (2013). Biología sintética, transhumanismo y ciencia bien ordenada. *Viento Sur*, (131), 71-80.
- Farinella, M., y Roš, H. (2013). *Neurocomic*. Londres: Nobrow Press.
- Foucault, M. (2009). *Vigilar y castigar: nacimiento de la prisión*. Buenos Aires: Siglo Veintiuno Editores (año de publicación del libro original, 1975).
- Guattari, F. (1996). *Las tres ecologías*. Valencia: Pre-Textos.
- Guenther, K. (2016). Between Clinic and Experiment: Wilder Penfield's Stimulation Reports and the Search for Mind, 1929-55. *Canadian Bulletin of Medical History*, 33(2), 281-320. doi: 10.3138/cbmh.33.2.148-27012015
- Haushofer, J., John, A., y Orkin, K. (2019). Can Simple Psychological Interventions Increase Preventive Health Investment? *National Bureau of Economic Research (NBER)*, (Working Paper n.º 25731).
- Haushofer, J., y Metcalf, J. C. E. (2020). *Combining Behavioral Economics and Infectious Disease Epidemiology to Mitigate the COVID-19 Outbreak*. New Jersey: Princeton University.
- Haverinen-Shaughnessy, U., y Shaughnessy, R. J. (2015). Effects of Classroom Ventilation Rate and Temperature on Students' Test Scores. *PLoS ONE*, 10(8), e0136165.

- Herz, R. S., y Schooler, J. W. (2002). A Naturalistic Study of Autobiographical Memories Evoked by Olfactory and Visual Cues: Testing the Proustian Hypothesis. *American Journal of Psychology*, 115(1), 21-32.
- Hursh, S. R. (1984). Behavioral Economics. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 42(3), 435-452.
- Hussam, R., Rabbani, A., Reggiani, G., y Rigol, N. (2017). Rational Habit Formation: Experimental Evidence from Handwashing in India. *Harvard Business School*, Working Paper 18-030.
- Karing, A. (2018). *Social Signaling and Childhood Immunization: A Field Experiment in Sierra Leone*. Berkeley: University of California.
- Küller, R., Mikellides, B., y Janssens, J. (2009). Color, Arousal, and Performance-A Comparison of Three Experiments. *Color Research & Application*, 34(2), 141-152.
- Lehrer, J. (2010). *Proust y la neurociencia: Una visión única de ocho artistas fundamentales en la modernidad*. Barcelona: Ediciones Paidós.
- Mallgrave, H. F. (2011). *The Architect's Brain: Neuroscience, Creativity, and Architecture*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Mehta, R. K., Shortz, A. E., y Benden, M. E. (2015). Standing Up for Learning: A Pilot Investigation on the Neurocognitive Benefits of Stand-Biased School Desks. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13(1), 59. doi:10.3390/ijerph13010059
- Mogas-Soldevila, L., Duro-Royo, J., y Oxman, N. (2014). Water-Based Robotic Fabrication: Large-Scale Additive Manufacturing of Functionally Graded Hydrogel Composites via Multichamber Extrusion. *3D Printing and Additive Manufacturing*, 1(3), 141-151.
- Mullainathan, S., y Thaler, R. H. (2000). Behavioral Economics. *National Bureau of Economic Research, (NBER)*, (Working Paper n.º 7948).
- Norberg-Schulz, C. (1975). *Existencia, espacio y arquitectura*. Barcelona: Blume.
- Oxman, N. (2011). Variable Property Rapid Prototyping: Inspired by Nature, Where Form Is Characterized by Heterogeneous Compositions, the Paper Presents a Novel Approach to Layered Manufacturing Entitled Variable Property Rapid Prototyping. *Virtual and physical prototyping*, 6(1), 3-31. doi: 10.1080/17452759.2011.558588
- Oxman, N. (2015). Templating Design for Biology and Biology for Design. *Architectural Design*, 85(5), 100-107.
- Pallasmaa, J. (2014). *La imagen corpórea*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.
- Pallasmaa, J. (2016). *Habitar*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.
- Penfield, W., y Rasmussen, T. (1950). *The Cerebral Cortex of Man: A Clinical Study of Localization of Function*. New York: Macmillan.

- Pringle, H. (2013). The Origins of Creativity. *Scientific American*, 308(3), 36-43.
- Steidle, A., y Werth, L. (2013). Freedom From Constraints: Darkness and Dim Illumination Promote Creativity. *Journal of Environmental Psychology*, 35, 67-80.
- Wadley, L., Sievers, C., Bamford, M., Goldberg, P., Berna, F., y Miller, C. (2011). Middle Stone Age Bedding Construction and Settlement Patterns at Sibudu, South Africa. *Science*, 334(6061), 1388-1391.
- Wargocki, P., y Wyon, D. P. (2007). The Effects of Moderately Raised Classroom Temperatures and Classroom Ventilation Rate on the Performance of Schoolwork by Children (RP-1257). *HVAC&R Research*, 13(2), 193-220. doi: 10.1080/10789669.2007.10390951
- Watson, J., Dreibelbis, R., Aunger, R., Deola, C., King, K., Long, S., Chase R. P. y Cumming, O. (2019). Child's Play: Harnessing Play and Curiosity Motives to Improve Child Handwashing in a Humanitarian Setting. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 222(2), 177-182.
- Weinthal, L. (Ed.). (2011). *Toward a New Interior: An Anthology of Interior Design Theory*. New York: Princeton Architectural Press.