

La arquitectura producto del cerebro.

The architecture product of the brain.

Recibido: Julio 2018
Aceptado: Agosto 2019

Edgar Tlapalamatl Toscuento¹

Resumen

Ante cualquier acción física o cognitiva como diseñar, aprender, caminar, leer o el juicio de belleza de un objeto arquitectónico requiere la puesta en marcha de diversas estructuras cerebrales, la participación de varias regiones celulares, en una interconexión asincrónica y fluida de la que los individuos no son conscientes. El sistema nervioso desempeña un papel fundamental en el desarrollo, adaptación y supervivencia del ser humano y de este dependen todas las acciones (físicas y cognitivas) que los individuos llevan a cabo a diario. Por lo tanto, para poder entender al hombre y los fenómenos que subyacen del mismo, es necesario conocer la estructura y función del sistema nervioso en su interacción con el entorno circundante. Es así que se plantea una nueva línea de investigación denominada neuro-arquitectura, se plantean sus objetivos, campos de acción, así como los métodos y técnicas a implementar. Como ejemplo de implementación de la neuro-arquitectura se analizan y describen los procesos fisiológicos y cognitivos cerebro-corporales que se activan en los individuos al evocar un juicio estético arquitectónico, además se describen algunas estructuras cerebrales que se encuentran relacionadas con algunos fenómenos arquitectónicos.

Palabras Clave:

Neuro-arquitectura; Fisiología; Cognición.

Abstract

Any physical or cognitive action such as design, learn, walk, read or the beauty judgment of an architectural object requires the action of various brain structures, the participation of several cellular regions, in an asynchronous and fluid interconnection unconscious for individuals. The nervous system plays a fundamental role in the development, adaptation and survival of the human being and all the actions (physical and cognitive) that individuals carry out on a daily basis depend of it. Therefore, in order to understand man and the phenomena that emerge it, it is necessary to know the structure and function of the nervous system in interaction with the surrounding environment. Thus, a new line of research called neuro-architecture is proposed, are described the objectives, fields of action, as well as the methods and techniques to be implemented. As an example of neuro-architecture implementation, are analyzed and described the physiological and cognitive processes that are activated in individuals when evoking an architectural aesthetic judgment, also some brain structures that are related to some architectural phenomena are presented.

Keywords:

Neuro-architecture; Physiology; Cognition.

¹ Adscripción: Universitat Internacional de Catalunya; investigador, línea de investigación Neuro-arquitectura. Director del grupo de investigación con el mismo nombre (Neuro-arquitecturamx); edtlapalamatl@gmail.com

1. Introducción.

Aunque las personas pasan la mayor parte de sus vidas en el interior de espacios arquitectónicos e interactúan a diario en ellos, poco se sabe, sobre ¿cómo el entorno arquitectónico influye en el comportamiento, pensamientos, emociones, sentimientos, conductas y genes de los individuos que habitan dichos objetos arquitectónicos? Aun cuando, la arquitectura ha sido abordada desde diversas perspectivas, con el conocimiento de diversas ciencias y disciplinas (como la historia, sociología, antropología, psicología entre otras), aun no es posible responder a dicha pregunta.

Es por ello que se plantea una nueva perspectiva arquitectónica, acorde al avance científico, tecnológico, e ideológico actual, que contribuya al desarrollo de la disciplina arquitectónica. Dicha perspectiva parte de la idea: *para poder entender cualquier fenómeno humano deberíamos entender los procesos cerebrales*. Ello debido, a que, en el cerebro subyacen todas las acciones y cogniciones humanas, por lo tanto, algunos fenómenos humanos incluyendo los arquitectónicos podrían ser resueltos a través de dicho conocimiento. En consecuencia, entender el funcionamiento del cerebro desde los mecanismos celulares de estos procesos, hasta las reacciones conductuales generadas, como un proceso global mecanicista, permitirá reestructurar las ideas y paradigmas actuales en el entendimiento de diversos fenómenos humanos.

Tal es la apuesta científica de esta idea, que en los últimos ocho años se han puesto en marcha varios proyectos de investigación, a los cuales se les ha asignado millones de dólares, con el objetivo de responder a la pregunta ¿cómo funciona el cerebro? De ahí que, dicho conocimiento sirva para resolver muchos de los problemas humanos actuales y ¿por qué no? dar paso a una evolución biotecnológica-humana. Por ejemplo, el *Proyecto Cerebro Humano* apoyado por la Unión Europea, tiene el propósito de simular el funcionamiento del cerebro a través de modelos informáticos, otro es el *proyecto Conectoma Humano* apoyado por los Institutos Nacionales de la Salud de los Estados Unidos de América, con el objetivo de cartografiar las vías neuronales del cerebro humano durante diversos trastornos cerebrales, otro más es el *“Proyecto Neurotecnologías Innovadoras Avanzadas”*

(BRAIN) el cual tiene como finalidad, estudiar en su totalidad el funcionamiento del cerebro humano (Kaku, 2014).

Al igual que estos grupos de investigación y siguiendo esta idea científica, considero que, para poder entender la arquitectura, debemos entender al hombre en su interacción con el objeto arquitectónico, ya que es el individuo quien diseña, crea, habita, interactúa, modifica e imagina la arquitectura (entre otras actividades) y dichos fenómenos arquitectónicos subyacen del mismo. Es decir, entender la arquitectura implicaría entender los procesos fisiológicos-cognitivos que se llevan a cabo durante esas actividades arquitectónicas.

2. Arquitectura-individuo.

Los seres humanos contemporáneos pasan la mayor parte de sus vidas dentro de espacios arquitectónicos, por ejemplo, en la escuela donde estudian, en la oficina donde trabajan o en la casa donde comparten momentos en familia o descansan. De acuerdo con la Encuesta Nacional sobre el Uso del Tiempo 2009, los mexicanos dedican más del 60% de su tiempo semanal en actividades dentro de espacios arquitectónicos como estudiar, trabajar, labores domésticas y cuidados (INEGI, 2009), aunque la cantidad de horas por semana de esas actividades varía de acuerdo al sexo, es importante puntualizar al ambiente arquitectónico como elemento fundamental en la vida de los individuos. Hoy sabemos que el ambiente influye activamente sobre el ser humano y el ser humano influye activamente sobre el ambiente, es decir es un proceso cíclico (Holahan, 2012). Pero ¿En qué medida? y ¿de qué manera el ambiente arquitectónico influye en la vida diaria de las personas? ¿Cómo afectan o benefician los espacios arquitectónicos a las personas que los habitan?

Preguntas que los arquitectos no se plantean a la hora de diseñar, producir o enseñar arquitectura. Sin embargo, sin saberlo, los espacios arquitectónicos influyen en la vida diaria de los individuos. Por ejemplo, algunos espacios arquitectónicos y urbanos generan una serie de reacciones cognitivas que posteriormente se evocan en conductas. (Lazarus y Folkman, 1984; Holahan, 2012; Tlapalamatl, 2017). Conductas

de diversos tipos, que muchas veces las personas dejan pasar sin cuestionarse ¿cómo suceden? o ¿por qué suceden? Sin embargo, dichos patrones conductuales son generados por la interacción de los individuos con el ambiente arquitectónico y urbano, *procesos constantes de adaptación-modificación, desde el nivel genético hasta el nivel conductual* (Redolar, 2009; Weitzman, 2011).

Es por ello, que en este artículo se plantea la necesidad de conocer los procesos fisiológicos (cerebrales-corporales) y cognitivos que se activan por la percepción e interacción de las personas con diversas características arquitectónicas, conocer que estructuras cerebrales intervienen en que procesos y su comunicación con el sistema nervioso, que dan origen a las conductas humanas. Reconociendo la importancia de estos procesos fisiológicos-cognitivos en la respuesta de varios hechos arquitectónicos, se plantea una nueva línea de investigación a la que denomino neuro-arquitectura.

3. Neuro-arquitectura.

La neuro-arquitectura es una línea de investigación científico-arquitectónica, que tiene como objetivo explicar y resolver hechos arquitectónicos desde una perspectiva biológica-cognitiva. Este planteamiento implica la colaboración de varias ciencias (las neurociencias, psicología, biología, fisiología, anatomía, epigenética, entre otras) con la arquitectura, en consecuencia, generar un constructo teórico de la relación individuo-objeto arquitectónico, que permita entender dicha interacción, y así mejorar algunas modalidades del quehacer arquitectónico como: el diseño, producción, y enseñanza arquitectónica.

El objetivo principal de esta línea de investigación es explicar los procesos cerebrales y corporales de los individuos en su interacción con el ambiente construido, procesos como *cognición perceptiva y descriptiva*, por ejemplo, algunos mecanismos perceptivos como: la belleza, el juicio de valor, la toma de decisiones, la simulación cognitiva entre otros más. Explicar el funcionamiento cerebral de los individuos en su interacción con la arquitectura, implica estudiarlos desde diversos niveles de conocimiento, es decir, desde el nivel molecular hasta el nivel conductual.

La arquitectura como actividad humana o

como objeto habitable debe de entenderse a partir de su relación con el individuo. Ya que todas las actividades, que se desarrollan en torno a la arquitectura, dependen de procesos fisiológicos-cognitivos que se generan en los individuos durante el desarrollo de estas. En otras palabras, *la arquitectura es producto del cerebro*. De acuerdo con la neurociencia ante cualquier actividad humana (sea cognitiva o física), desde la acción más simple como levantar una pluma y hacer un trazo en un pedazo de papel, el observar un paisaje o el conversar con tu mejor amigo, implica la puesta en marcha de diversos procesos fisiológicos cerebrales y corporales de los que no somos conscientes.

Es decir, a nivel cerebral, existe una serie de interconexiones de diversas estructuras que activan otros mecanismos fisiológicos-corporales, a dichos procesos se les denomina *sistemas funcionales* (Goldberg, 2014), la puesta en marcha de estos, tiene la finalidad de preparar al organismo para llevar a cabo cualquier actividad física o cognitiva. Por lo tanto, para poder entender al hombre y los fenómenos que subyacen del mismo, es necesario conocer la estructura y función del sistema nervioso en su interacción con el entorno circundante. Ya que los procesos fisiológicos-cognitivos son el producto directo de la intercomunicación de varias regiones cerebrales y corporales (Clark, Boutros y Méndez 2010).

4. Sistema nervioso: estructura y función.

La función principal del sistema nervioso es recibir los estímulos que llegan tanto del medio externo (entorno circundante) como del interno (pensamientos y reacciones del organismo), organizar, procesar y significar esa información, generando una respuesta adecuada, que le permita al individuo adaptarse y sobrevivir. La función principal de todo organismo es la supervivencia es por ello, que las reacciones fisiológicas-cognitivas se evocan con ese objetivo.

Los estímulos procedentes del medio externo son recibidos por varios receptores situados en diferentes órganos corporales. A estos órganos se les conoce como órganos de los sentidos, los cuales son un producto de la evolución, instrumentos de comunicación entre el medio

externo e interno, que le permiten al individuo adaptarse y sobrevivir. La información que reciben estos receptores es variada, desde estímulos electromagnéticos, sonoros, mecánicos y químicos, por ejemplo, el tacto recibe estímulos de deformaciones mecánicas, por otro lado, el gusto y el olfato reciben estímulos químicos, el oído estímulos sonoros y la vista estímulos electromagnéticos. Cada uno de estos órganos recibe información del mundo externo, la cual es transformada en estímulos químico-eléctricos que es transmitida por el sistema nervioso al cerebro, donde esta información es transformada, modificando el medio interno a fin de proporcionar las respuestas adecuadas a cada situación vivida.

El sistema nervioso es una estructura biológica constituida anatómicamente por el Sistema Nervioso Central (SNC) y Sistema Nervioso Periférico (SNP), el primero compuesto por el cerebro, encéfalo y médula espinal, el segundo por los nervios craneales, espinales y ganglios nerviosos. Desde el punto de vista funcional el sistema nervioso se subdivide en sistema nervioso somático (SNS) encargado de las reacciones del organismo con el medio externo y sistema nervioso autónomo (SNA) encargado de las reacciones del organismo con el medio interno (orgánico) el cual se subdivide en sistema simpático y sistema parasimpático (Clark, Boutros y Méndez 2010).

Anatómicamente, el sistema nervioso somático (SNS) está compuesto por nervios medulares y craneales, los primeros emergen de la médula espinal y se divide en dos ramas, una sensitiva aferente y otra motora eferente y los segundos emergen del cerebro. Por otro lado, el sistema nervioso autónomo (SNA) también conocido como sistema neurovegetativo, se compone de raíces, plexos y troncos nerviosos, los cuales se encargan de regular y mantener constante reacciones involuntarias del organismo como: la frecuencia cardíaca, motilidad gástrica, la frecuencia respiratoria, la temperatura entre otros (Brailowsky, 2012).

El cerebro

El cerebro (**A**) es una estructura que pesa alrededor de 1500 gramos, compuesta por dos hemisferios asimétricos, los cuales se encuentran comunicados a nivel cortical y subcortical a través del cuerpo calloso y comisuras anterior y posterior. Estos enlaces permiten que el cerebro

trabaje de manera unificada, aunque existen diferencias funcionales entre estos (Goldberg, 2014). La neocorteza es una estructura superior que se pliega sobre el cerebro formando circunvalaciones, dividida en cuatro lóbulos: a) lóbulo frontal, b) lóbulo parietal, c) lóbulo occipital, y d) lóbulo temporal, en estos lóbulos se desarrollan las funciones cognitivas humanas más elevadas (Kaku, 2014).

El cerebro tiene alrededor de 100.000 millones de neuronas y 1000.000 millones de células gliales interconectadas contiguamente, formando una red celular que se comunica a través de los contactos de sus prolongaciones o sinapsis. Dichas células nerviosas generan una red intrincada que se intercomunica con todas las estructuras cerebrales, estas vías nerviosas transmiten información eléctrica y química que es recibida y modificada del medio exterior e interior (Mora, 2017), que posteriormente es transformada en pensamientos o en movimientos corporales de los más básicos a los más complejos. Las situaciones más complicadas de la vida, es decir los procesos mentales y conductas más complejas, dependen del lóbulo frontal, ubicados en la parte delantera del cerebro (Goldberg, 2014).

En el cerebro se producen y segregan varias sustancias químicas, denominadas neurotransmisores. Sustancias fundamentales en el funcionamiento del cerebro, que tienen la finalidad de estimular o inhibir a otras células de manera instantánea o prolongada, alterando diversas estructuras cerebrales que se traducen en acciones y cogniciones humanas. Algunos de los neurotransmisores más comunes son: acetilcolina, dopamina, serotonina, péptido, e histamina por mencionar algunos (Brailowsky, 2012).

La médula espinal

La médula espinal (**B**) es una estructura compuesta por fibras nerviosas y cuerpos celulares rodeados de vértebras, anatómicamente la médula espinal se divide en cuatro partes: a) cervical, b) torácica, c) lumbar y d) sacra, su función principal se basa en proteger la médula espinal y los nervios que se distribuyen por el cuerpo a través de esta (Brailowsky, 2012).

El diencefalo: hipotálamo y tálamo

El diencefalo (**C**) es una estructura cerebral

circundante al mesencéfalo (D), en la que se ubican dos pequeñas estructuras: el hipotálamo y el tálamo estructuras esenciales para el funcionamiento adecuado del cerebro, las cuales están compuestas por varios cuerpos celulares. El hipotálamo (E) es la estructura que mantiene y controla las funciones autónomas así como el comportamiento adaptativo ante situaciones del medio interno o externo, por otra parte, el tálamo (F) es la estructura que comunica la información sensorial con la corteza cerebral (G) de manera recíproca para un análisis ulterior de dicha información (Clark, Boutros y Méndez 2010), es por ello, la importancia de esta estructura, ya que, como se mencionó anteriormente toda cognición y acción compleja requiere de la participación de la corteza cerebral esencialmente de lóbulo frontal, y el tálamo funge como estación de paso hacia esa estructura.

El sistema límbico

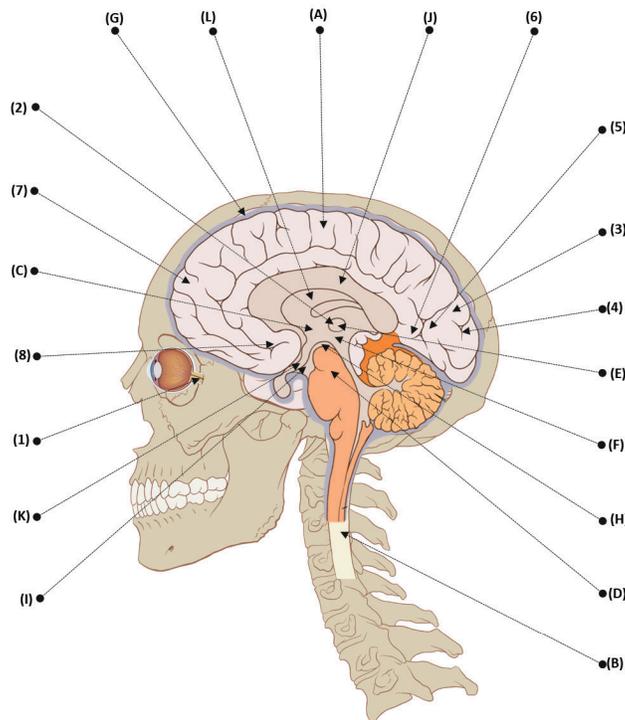
El sistema límbico es una estructura compuesta por varios cuerpos celulares: como el hipocampo (H), la amígdala (I), el cíngulo (J), el hipotálamo, los cuerpos mamilares (K) y el septo pelúcido (L), su función principal es la evocación de las emociones como impulsos básicos de supervivencia

(Brailowsky, 2012). Las emociones son reacciones químicas y neuronales que conforman un patrón de acción, todas cumplen un papel regulador, destinado a mantener la supervivencia del individuo, siendo seis las emociones básicas: felicidad, sorpresa, ira, asco, tristeza y miedo (Damasio, 2000). Cada una de estas emociones está relacionada con la segregación de alguno o algunos neurotransmisores.

Por lo tanto, el sistema nervioso es un sistema vivo y dinámico en el que diversas estructuras neuronales interactúan entre sí, creando una vasta variedad de reacciones fisiológicas y cognitivas, que tienen como producto final una vasta variedad de ideas, pensamientos, movimientos corporales, actividades cotidianas entre otras, incluyendo las actividades del que hacer arquitectónico, incluso los procesos fisiológicos y cognitivos se mantienen activos cuando los individuos están en reposo.

Aunque en los anteriores párrafos solo se mencionan algunas de las estructuras cerebrales, es importante tener en cuenta, que solo son una pequeña parte de las existentes, ya que, el objetivo de este artículo no es presentar un resumen anatómico del sistema nervioso, sino mencionar la importancia e influencia de este, en las acciones y cogniciones humanas, incluyendo las relacionadas con la arquitectura, por esa razón solo se presentan las principales.

Figura 1. Estructuras cerebrales relacionadas con fenómenos arquitectónicos.



5. Neuro-arquitectura en acción: El juicio estético arquitectónico.

Ante diversos hechos arquitectónicos como la habitabilidad, la belleza, el diseño y la producción arquitectónica, hay una activación de diversos mecanismos fisiológico-cognitivos, conexiones celulares entre diversas estructuras cerebrales y corporales que dan origen y acción a diversos fenómenos arquitectónicos. Uno de estos fenómenos y quizá el más utilizado por arquitectos y por personas sin alguna educación arquitectónica es el juicio de belleza o juicio estético arquitectónico, el cual analizaremos a continuación desde la perspectiva biológica cognitiva.

Aunque los mecanismos fisiológicos y cognitivos se generan de manera unificada, para poder entender esos procesos en el juicio de valor estético se explicaran de manera separada, sin caer con ello en el problema de la dualidad mente cerebro el cual ya ha sido superado gracias al desarrollo científico en neurociencia. Para analizar y entender el juicio estético arquitectónico partamos primeramente del fenómeno. El museo Soumaya es un recinto cultural-artístico ubicado en la ciudad de México, este objeto arquitectónico parece ser un elemento ajeno a su entorno circundante, quizá sea la forma y los elementos que lo componen las variables que determinan esa percepción, pero ¿es bello el museo Soumaya? Probablemente esta pregunta ya se ha planteado por muchos arquitectos y por no arquitectos también. Quizá para algunos sea un elemento arquitectónico bello y agradable, pero para otros será feo y aversivo, si se realizará una encuesta para poder conocer la respuesta a la pregunta antes planteada, tendríamos un sin número de juicios subjetivos.

Más allá de saber si es bello o es feo y conocer el porcentaje estadístico de dicha pregunta el enfoque neuro-arquitectónico se plantea preguntas como: ¿Cómo se genera dicho juicio estético? ¿Por qué se genera? ¿Qué estructuras cerebrales y celulares intervienen en dicho proceso? ¿Cómo se activan? ¿se podrá estimular arquitectónicamente para generar juicios de belleza o aversión? Son algunas de las interrogantes que se ponen sobre la mesa ante dicho fenómeno. Por lo tanto, partamos analizando la primera pregunta ¿Cómo se genera dicho juicio estético?

Desde una perspectiva fisiológica, cuando el individuo observa el museo Soumaya, el estímulo visual (ondas electromagnéticas) que

reciben las células fotorreceptoras ubicadas en las retinas de los ojos (a través de una refracción de la luz por la pupila y cristalino), se forma una imagen del mundo externo (objeto arquitectónico y contexto), después se genera un proceso de transducción, donde las células fotorreceptoras convierte la energía electromagnética en un cambio bioquímico, generando un cambio de potencial eléctrico que se trasmite por el nervio óptico **(1)** (Braun, 2011). Este impulso eléctrico se distribuye por diversas estructuras cerebrales asincrónicamente. Primero pasa por el cuerpo geniculado lateral **(2)** donde esta señal se transforma y posteriormente se dirige al lóbulo occipital **(3)** que está a cargo del reconocimiento visual (Rubia, 2007).

Después se genera una comunicación neuronal entre las diversas áreas visuales V1, V2, V3, V4 y V5 ubicadas en la corteza visual **(4)** encargadas del procesamiento visual de los objetos como: el color, la profundidad, el movimiento, entre otros. De las áreas visuales el impulso eléctrico se dirige a la vía cortical-visual-ventral **(5)** compuesta por las cortezas inferotemporales **(6)** posterior y anterior encargadas de la construcción de formas complejas, de aquí la información pasa a la corteza prefrontal **(7)** donde se cree se genera el proceso de abstracción y categorización de los objetos (Mora, 2017).

Después esta información pasa por el sistema límbico generándose una comunicación celular asincrónica entre sus diversas estructuras, generando potenciales eléctricos y bioquímicos que se destituyen por el cerebro y el cuerpo de los individuos mejor conocido como emociones (Damasio, 2000), algunas emociones como el miedo y la ira pueden alterar diversos mecanismos como la respiración, la presión sanguínea y la actividad dérmica, modificando el sistema homeostático de los individuos. Después la información se dirige al lóbulo temporal derecho **(8)**, que se encarga de emitir el juicio estético de las cosas, pasando posteriormente por el hemisferio izquierdo **(9)**, el cual lo traduce en palabras (Goldberg, 2014). Y es así como, el individuo desarrolla y evoca un juicio de belleza arquitectónica.

Ahora desde una perspectiva cognitiva, cuando un individuo observa el museo Soumaya, primeramente, atribuye cualidades positivas o negativas al objeto arquitectónico (Fronzizi, 2005), clasificándolo de acuerdo a factores biológico-cognitivos como: el conocimiento filético, los estados emocionales

y las características predisponentes individuales por mencionar algunos (Rubia, 2007; Holahan, 2012), en otras palabras, el objeto arquitectónico es clasificado como positivo, negativos o neutro de acuerdo al conocimiento generado durante el proceso de desarrollo cerebral del individuo, asociando elementos, situaciones, y sentimientos vividos al objeto percibido, asociaciones agradables o desagradables dependiendo del parentesco o similitud situacional vivida.

Si un objeto es clasificado como negativo, se desarrollarán una serie de reacciones en el cuerpo del individuo que reafirmarán el desagrado por el elemento o la situación percibida, reacciones como: sudoración, palpitación rápida del corazón, sensación de intranquilidad entre otros, dichas reacciones son conocidas como sentimientos (Damasio, 2000). Sin embargo, si se clasifica como positivo los sentimientos presentados serán de bienestar, alegría, satisfacción entre otros. Por ejemplo, si un sujeto encuentra una casa con características muy parecidas a las de la casa donde creció y vivió los mejores años de su vida, entonces al percibirla se generan emociones y sentimientos positivos, reviviendo las situaciones vividas de su infancia. Como lo menciona Gaston Bachelard (2010) en el libro *la poética del espacio*, las imágenes arquitectónicas guardadas en la memoria de los individuos evocan reacciones emocionales dependiendo de las experiencias vividas en dichos espacios.

Después el individuo genera otra evaluación cognitiva en la que, si la situación percibida es categorizada como estresante, fea o desagradable, pero en realidad no genera ningún problema físico al individuo, se resignifica la situación como menos estresante y el sujeto se adapta a esa (Lazarus y Folkman, 1984). Posteriormente se genera otra evaluación cognitiva en la que los individuos reestructuran sus ideas de manera lógica de acuerdo a su conveniencia. En esta evaluación existe un proceso de simulación del futuro, donde el individuo simula cognitivamente las posibles consecuencias que tendrían sus acciones o ideas en su entorno, con la finalidad de elegir y poner en práctica la que mejor le convenga, por ejemplo, un objeto o situación puede ser agradable y placentero para un sujeto pero quizá no le conviene decir que lo es, por lo tanto dirá que es desagradable y aversivo, los individuos pueden asignar evaluaciones falsas a objetos si así les conviene, por lo tanto

la evocación de los individuos se basa en la supervivencia social del mismo, no siempre la evocación de una impresión es la verdadera ya que los seres humanos son maestros del engaño. (Este es uno de los problemas al que se enfrentan quienes evalúan la arquitectura a través de métodos subjetivos ¿cómo saber que dice la verdad?).

La evaluación cognitiva que realizan un individuo no es más que la manifestación de su propia realidad, es decir el sujeto evoca su propia idea de lo que observan. Por lo tanto, la impresión de una cosa o situación nunca será la misma para otros individuos e incluso podrá ser diferente para el mismo individuo en otro momento, debido a los factores psicológicos y emocionales del mismo (Redolar, 2009). En consecuencia, al final de estos procesos el individuo considerara agradable o desagradable estéticamente el objeto arquitectónico percibido, y es en este momento cuando el individuo puede evocar dicho juicio. El juicio estético arquitectónico se genera de manera inconscientemente y quizá sea esta la razón, por la que no se cuestiona ¿por qué sucede? o ¿cómo sucede?

De ahí que, ante cualquier acción física o cognitiva, como el juicio de belleza de un objeto arquitectónico (que quizá nos parezca trivial e insignificante), requiere la puesta en marcha de varias estructuras cerebrales, la participación de diferentes regiones neuronales, en una interconexión asincrónica y fluida. Aunque esta descripción es ciertamente básica de lo que realmente sucede en el cerebro, permite describir la importancia de los procesos fisiológicos y cognitivos en toda acción y cognición humana incluyendo la actividad arquitectónica.

Después de haber descrito la importancia de las estructuras cerebrales en las acciones y cogniciones humanas se podría conjeturar la relación de diversas estructuras cerebrales con diversos fenómenos arquitectónicos, en consecuencia, generar un punto de partida en la actividad científico-arquitectónica, que permita entender y explicar la arquitectura en su relación con el individuo.

6. Conjeturas neuro-arquitectónicas.

Entendiendo al ser humano como un sistema unificado, una conducta o cognición (cualquiera que sea) no es el producto de la acción de una sola

estructura cerebral, sino de la interacción de varias de ellas por influencia del entorno. Por ejemplo, el juicio estético (anteriormente mencionado), es un proceso fisiológico-cognitivo que implica la puesta en marcha de diversas estructuras cerebrales, que tiene como producto final, la significación estética (agradable o desagradable) de un objeto arquitectónico.

Entonces diversas estructuras cerebrales están relacionadas con algunos fenómenos arquitectónicos, ante la ignorancia de cuales estructuras intervienen e influyen en que fenómenos arquitectónicos, se plantean algunas conjeturas, dichas hipótesis se plantean de acuerdo a los hallazgos presentados por neurocientíficos, la mayoría de esas por la presencia de lesiones cerebrales infringidas por accidentes a individuos. Dichos hallazgos plantean la incidencia e importancia de estructuras cerebrales con funciones cognitivas y físicas, a partir de ello se plantean conjeturas relacionadas con fenómenos arquitectónicos.

A continuación, se describen las estructuras cerebrales que podrían estar relacionadas con diversos hechos arquitectónicos, estructuras que probablemente se encuentren al inicio o al final de los procesos fisiológicos-cognitivos, pero que sirvan como punto de partida al entendimiento de los fenómenos arquitectónicos. Por ejemplo, se plantea que el sistema límbico es una estructura fundamental para el entendimiento de algunos fenómenos arquitectónicos, ya que, las acciones y cogniciones desde las más simples a las más complejas se ven influenciadas por este sistema emocional, en otras palabras, la percepción arquitectónica está influenciada por una serie de reacciones químicas y neuronales que dan sentido a lo que se está percibiendo, permitiendo al individuo entender el entorno y actuar en consecuencia para mantenerse vivo.

Por lo tanto, ¿Cómo influye el sistema límbico en la significación de un objeto arquitectónico como agradable o desagradable?, ¿Qué hace que se presente esta polaridad de significación?, ¿Se podría intervenir para generar reacciones agradables o desagradables ante objetos arquitectónicos? es decir ¿se podrían modificar estas significaciones de agradable a desagradable o viceversa? Son algunas preguntas que se plantean ante la relación de las estructuras cerebrales del sistema límbico con fenómenos arquitectónicos.

En la figura 2 se presentan algunas conjeturas neuro-arquitectónicas, las cuales considero

relacionadas con fenómenos arquitectónicos, aunque la posibilidad de que sean verdaderas o falsas se mantiene en balance de 50% a 50%, hasta que estas no sean sometidas a verificación y explicación científica. Sin embargo, la finalidad es describirlas, sacarlas a la luz para que arquitectos y científicos interesados sometan dichas hipótesis a experimentación desde el nivel biológico celular hasta el nivel conductual. Con el propósito de que dichas conjeturas sirvan como punto de partida en el desarrollo de la neuro-arquitectura. Por ende, que dichas investigaciones proporcionen conocimiento para mejorar la actividad arquitectónica desde sus diversas modalidades y en consecuencia mejorar la vida de las personas a través de la interacción con los objetos arquitectónicos.

7. Métodos de estudio.

No había sido posible estudiar y entender los procesos neuronales hasta hace algunas décadas, gracias al desarrollo de potentes tecnologías en neuroimagen funcional, escáneres magnéticos cerebrales, actividad eléctrica extracelular e intracelular, optogenética, entre otros métodos. Todos ellos basados en propiedades de la física, que literalmente han proporcionado una ventana para observar, medir, activar e inhibir el sistema nervioso. Estas herramientas tecnológicas facilitan el estudio y comprensión del funcionamiento del cerebro desde diversos niveles, desde los mecanismos moleculares siguiendo por la organización celular, hasta la organización de sistemas que dan origen a la cognición y conducta de los individuos.

Estudiar el funcionamiento del cerebro en relación a fenómenos arquitectónicos requiere la utilización de diversos métodos. La elección de cada uno de ellos, dependerá de las estructuras cerebrales y de los procesos fisiológicos corporales que se pretendan medir, en relación a las características físicas arquitectónicas relacionadas a específicos fenómenos. Teniendo en cuenta que los diversos métodos tienen diversas variables intrínsecas, las cuales proporcionan información diferente en diversos niveles y dimensiones. Estas variables son la espacialidad, la temporalidad, la invasibilidad y el nivel de conocimiento que arrojan.

La espacialidad se refiere a la propiedad macro o micro de estudio de los procesos cerebrales, es decir, a la manipulación y estudio desde el nivel

Figura 2. Conjeturas neuro-arquitectónicas, estructuras cerebrales y fenómenos arquitectónicos relacionados.



Estructuras cerebrales	Fenómenos arquitectónicos
Hemisferio derecho	Percepción arquitectónica negativa
	Aversión arquitectónica
	Procesar información arquitectónica nueva
Hemisferio izquierdo	Percepción arquitectónica positiva
	Bienestar arquitectónico
	Procesar información arquitectónica ya conocida
Lóbulo parietal	Reconocimiento y Uso adecuado del objeto arquitectónicos
	Orientación espacial arquitectónica
Lóbulo frontal	Toma de decisiones arquitectónicas
	Simulación futura arquitectónica, organización de las cosas en el tiempo
	Examinar y extraer información visual
Corteza visual	Percepción y significación arquitectónica
Hipocampo	Aprendizaje de nueva información espacial
	La relación de acontecimientos actuales con recuerdos
Sistema límbico	Emociones arquitectónicas
Núcleo supraquiasmático	Adaptación al entorno urbano-arquitectónico

celular hasta los procesos cerebrales generales (Silva, 2011). Por ejemplo, la microscopía electrónica es un método con una propiedad espacial micro, ya que la potencia amplificadora de un microscopio óptico permite una resolución de 300 nm (nanómetros), permitiendo la manipulación de los neurotransmisores en los botones sinápticos. Por otra parte, la imagen por resonancia magnética es un método con una propiedad macro, ya que permite observar las regiones cerebrales que se activan por la presencia del algún fenómeno.

La temporalidad se refiere al periodo determinado durante el cual se realiza una acción de registro de los procesos químicos-eléctricos cerebrales (Silva, 2011). Por ejemplo, hay métodos

como la imagen por resonancia magnética de la cual se pueden obtener imágenes anatómicas tridimensionales del cerebro en cuestión de segundos, o hay métodos como las lesiones cerebrales que permiten estudiar las disfunciones cerebrales por días, meses e incluso años

La invasibilidad se refiere al grado de manipulación de las estructuras cerebrales, las cuales pueden implicar daño a células, grupo de células o estructuras completas, (ello limita la aplicación de ciertos métodos sobre humanos, la mayoría de ellos son llevados a cabo en animales) (Silva, 2011). Por ejemplo, el corte de ciertas partes del cerebro, permite a los científicos conocer la función de esa parte en la conducta del animal lesionado, provocando lesiones cerebrales de

por vida. Por otra parte, el electroencefalograma es un método no invasivo que permite medir la actividad eléctrica de diversas estructuras cerebrales por medio de parches colocados en el cuero cabelludo de los individuos.

Juan Silva (2011) introdujo un nivel más al que denomina nivel de conocimiento, este hace referencia al nivel de conocimiento que dichos métodos alcanzan, desde procesos de dominio específico hasta procesos de dominio general. Por ejemplo, el procesamiento de nivel específico se refiere a aquellos modelos neuroanatómicos que explican un tipo muy específico de procesamiento como el lenguaje. Mientras que los procesos de dominio general se refieren al conjunto de procesamientos específicos que involucran a sistemas como la memoria.

En neurociencia existe una gran diversidad de métodos que sirven a los investigadores como herramientas para estudiar el funcionamiento del sistema nervioso. Cada uno de esos métodos proporciona información diversa, rica en información. Por lo tanto, la utilización de cada uno de ellos dependerá de las preguntas científicas que se planteen, de las variables temporales, espaciales, invasivas y de nivel de conocimiento intrínsecas a cada método.

En la tabla 1 se presentan algunos métodos utilizados en neurociencia y psicología, como se puede observar algunos métodos carecen de una buena resolución espacial, pero presentan una

excelente resolución temporal, es decir, mientras se aumenta la resolución espacial con facilidad se puede perder la temporal e inversamente. Los métodos presentan excelentes cualidades en una dimensión y carecen de otras, debido a las limitaciones que pueden presentar algunos métodos, los investigadores en neuro-arquitectura deberán planear el uso de más de un método con el objetivo de tener un panorama global de hecho a estudiar y como lo describe Juan Silva (2011) "Ello permitirá no solo generar explicaciones y teorías más allá de un solo nivel de conocimiento sino generar puentes entre los niveles de conocimiento".

8. Conclusiones.

La arquitectura como actividad humana o como objeto habitable debe entenderse a partir de su relación con el individuo. La relación cíclica entre el individuo y la arquitectura de acción reacción deja ver que no es coherente estudiarlas y entenderlas de manera separada, por lo tanto, para poder comprender los fenómenos arquitectónicos debemos de entender dicha relación. Estudiar las reacciones biológicas y cognitivas cerebro-corporales que se desarrollan en los individuos cuando estos interactúan y perciben diversos espacios arquitectónicos, permitirá entender como estos influyen en la modificación de los comportamientos, las conductas, estados

Tabla 1. Métodos de estudio: neuro-arquitectónicos, adaptado de Silva, 2011 y Brailowsky 2012.

Abreviación	Métodos en neurociencias	Temporalidad	Espacialidad	Nivel de conocimiento	Invasibilidad
M/E	Microscopia Electrónica	Minutos-Horas	Sinapsis	Procesos de dominio específico	Invasivo
	Patch clamp (registro de parche)	Milisegundos-Minutos	Dendrita	Procesos de dominio específico	Invasivo
	Registro unicelular (unitario)	Milisegundos-Días	Neurona	Procesos de dominio específico	Invasivo
	Microscopia de luz	Minutos-Horas	Neurona -Dendrita	Procesos de dominio específico	Invasivo
	Microlesiones	Días	Mapa	Procesos de dominio general	Invasivo
	Lesiones	Días	Mapa-Cerebro	Procesos de dominio general	Invasivo
TEP	Tomografía por emisión de positrones	Minutos-Días	Mapa-Cerebro	Procesos de dominio específico	Invasivo
	Angiograma	Minutos-Días	Mapa-Cerebro	Procesos de dominio específico	invasivo
IRM	Imagen por resonancia magnética	Segundos-Horas	Columna-Cerebro	Procesos de dominio específico y general	No invasivo
fRMN	Resonancia magnética funcional	Segundos-Horas	Columna-Cerebro	Procesos de dominio específico y general	No invasivo
EMT	Estimulación magnética transcranial	Segundos	Mapa	Procesos de dominio específico y general	No invasivo
TAG	Tomografía axial computarizada	Minutos-Días	Mapa-Cerebro	Procesos de dominio específico y general	No invasivo
PRE	Potenciales relacionados con eventos	Milisegundos-Segundos	Cerebro	Procesos de dominio general	No invasivo
EEG	Electroencefalograma	Milisegundos-Segundos	Cerebro	Procesos de dominio general	No invasivo
MEG	Magnetoencefalograma	Milisegundos-Segundos	Cerebro	Procesos de dominio general	No invasivo
EAD	Actividad Electro dérmica	Segundos	Mano-Axila-Pies	Procesos de dominio general	No invasivo
EMG	Electromiograma	Segundos	Músculos	Procesos de dominio general	No invasivo
ECG	Electrocardiograma	Milisegundos-Segundos	Pecho-Manos	Procesos de dominio general	No invasivo

emocionales y los genes de los individuos, ello implica estudiar dichos procesos desde el nivel celular específico hasta el nivel conductual general.

Debido a ello se planteó una nueva línea de investigación denominada *neuro-arquitectura*, se describieron sus objetivos específicos y campos de acción, así como los métodos y técnicas que pueden ser ocupados para poder desarrollar investigaciones desde esta perspectiva, además de plantearon diversas conjeturas neuro-arquitectónicas, como posibles hipótesis de análisis a mediano y largo plazo. El delinear los lineamientos básicos de seguimiento permitirá el desarrollo de esta ciencia, esperando que la neuro-arquitectura tenga un desarrollo significativo en los próximos años, en consecuencia, ello permita entender los fenómenos arquitectónicos y mejorar la calidad de vida de quienes habitan e interactúan con la misma.

Entendiendo que ante cualquier actividad humana (sea cognitiva o física), incluyendo las arquitectónicas como realizar un boceto, enseñar procesos constructivos o construir un edificio implica la puesta en marcha de diversos procesos fisiológicos-cognitivos cerebro-corporales de los que no somos conscientes, justifica el hecho de que *la arquitectura es un producto del cerebro*. A nivel cerebral se generan procesos de comunicación entre diversas estructuras cerebrales de manera asincrónica, contigua y fluida que activan otros mecanismos y funciones dando paso a diversas actividades como las anteriormente mencionadas.

Por lo tanto, una actividad (sea cognitiva o física) no es el producto de la acción de una sola estructura cerebral, sino de la interacción de varias de ellas por influencia del entorno. Las características del entorno y los estímulos que los individuos perciben, determinarán la puesta en marcha de diversas estructuras cerebrales, ello debido a que hay una relación directa entre lo que se percibe y los procesos fisiológicos-cognitivos que se desarrollan, ello no implica, que sean procesos estáticos, sino totalmente lo contrario son procesos dinámicos, que el ambiente cambiante en el que se vive va modificando y reestructurando. La plasticidad cerebral es una de las cualidades más importantes del sistema nervioso, permitiendo que los individuos se adapten y sobrevivan a las exigencias cambiantes de los entornos en los que se desarrollan, y sin duda los espacios arquitectónicos influyen sobre dichos cambios, es por ello que se plantea la necesidad de conocer dicha incidencia.

Existen diversas estructuras cerebrales que están relacionadas con algunos fenómenos arquitectónicos, estructuras que se activan por la interacción de los sujetos con diversas características físicas arquitectónicas, es así que se describen algunas conjeturas neuro-arquitectónicas, hipótesis planteadas que posiblemente faciliten el entendimiento de diversos fenómenos arquitectónicos y permitan un entendimiento y desarrollo de la disciplina arquitectónica. El ejemplo analizado y descrito en este artículo presenta de manera básica los procesos tanto fisiológicos como cognitivos que suceden en el cerebro y cuerpo de los individuos cuando se genera un juicio de belleza arquitectónica, conocimiento que permite explicar dicho fenómeno.

La riqueza de la perspectiva neuro-arquitectónica es la multidisciplinariedad que plantea, ello implica el uso de diversos niveles de conocimiento por ende el conocimiento de diversas ciencias y disciplinas, a su vez ello determinará la elección de los métodos y técnicas a emplear para poder estudiar, medir y comprobar los planteamientos hipotéticos. En neurociencia existen diversos métodos, cada uno de ellos proporciona información diversa, en diferentes dimensiones como la espacial, la temporal, la invasiva y del nivel de conocimiento, el empleo de cada uno o de varios de ellos dependerá de la célula, grupo de células o estructura cerebral a estudiar, de las variables intrínsecas de los métodos y de las características físicas arquitectónicas a las que está relacionada el fenómeno a estudiar.

En consecuencia, esta nueva perspectiva (neuro-arquitectura) permitirá desarrollar constructos teóricos que faciliten el entendimiento de los fenómenos arquitectónicos y por ende del mejoramiento de los espacios arquitectónicos como generadores de calidad de vida en sus diversas modalidades. **■**

9. Referencias.

- Bachelard, G. (2010) *La poética del espacio*. (Fondo de Cultura Económica, Ed.). México: 2010.
- Brailowsky, S. (2012). *Las sustancias de los sueños: Neuropsicofarmacología*. (Fondo de Cultura Económica, Ed.). México: 2012.
- Braun, E. (2011). *El saber y los sentidos*. (Fondo de Cultura Económica, Ed.). México: 2011.
- Clark, D., Boutros, N., y Méndez, M. (2010). *El cerebro y la conducta: Neuroanatomía para psicólogos*. (Manual Moderno, Ed.). México: 2010.

- Damasio, A. (2000). *Sentir lo que sucede: cuerpo y emoción en la fábrica de la conciencia*. (Andrés Bello, Ed.). Chile: 2000.
- Fronidzi, R. (2005). ¿Que son los valores? (Fondo de Cultura Económica, Ed.). España: 2005.
- Goldberg, E. (2014). *La paradoja de la sabiduría*. (Planeta, Ed.). Barcelona: 2014.
- Holahan, C. (2012). *Psicología ambiental un enfoque general*. (Limusa, Ed.). México: 2012.
- Kaku, M. (2014). *El futuro de nuestra mente*. (Debate, Ed.). México: 2014.
- Lazarus, R & Folkman, S. (1984). *Stress, appraisal and coping*. (Springer Publishing Company, Ed.). New York: 1984.
- Mora, F. (2017). *Cómo funciona el cerebro*. (Alianza, Ed.). España: 2017.
- Redolar, D. (2009). *El cerebro cambiante*. (OUC, Ed.). Barcelona: 2009.
- Rubia, F. (2007). *El cerebro nos engaña*. (Booket, Ed.) Barcelona:2007.
- Silva, J. (2011). *Métodos en neurociencias cognitivas*. (Manual Moderno, Ed.). México: 2011.
- Tlapalamatl, E. (2015). *El estrés y las modificaciones arquitectónicas en vivienda urbana, tesis de maestría en arquitectura*. (SEPI ESIA Tec. IPN.). México: 2015.
- Weitzman, J. (2011). *Beyond face value*. Journal Nature. Vol 477. P. 534-535.

Recursos electrónicos.

- INEGI (2010) Encuesta nacional sobre uso del tiempo 2009. ENUT. Metodología y tabulados básicos, Estadística Estados Unidos Mexicanos, Fecha de consulta 29 junio de 2018. URL: <http://www.beta.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825001935>