

Entornos y desarrollo durante la niñez. Neuroarquitectura y percepción en la infancia _____

Environment and development in childhood. Neuroarchitecture and perception in the early years _____

Ana Mombiedro Lozano

¿Neuroarquitectura?

Si entras en la Catedral de Amiens al atardecer, mientras un órgano suena y descubres que te da un vuelco el corazón, es porque tu cerebro –no tu corazón– se ha llenado de asombro. Las células de tu cerebro se están regando con una descarga repentina de sangre, elevando tu temperatura, acelerando tu pulso, e inundándote de recuerdos. La luz bañándote a través de las vidrieras estimula el área V4 de tu corteza visual. La música de Bach está vibrando dentro de la cóclea de tu oído interno y envía señales a la corteza auditiva. Los olores a humedad de los siglos pasados se registran inconscientemente en las neuronas olfativas en el puente de tu nariz. Estás experimentando la arquitectura. (Eberhard, John P. 2006)¹

Así abrió Eberhard, el 27 de enero de 2006, su artículo para el AIA (American Institute of Architects) con el motivo del establecimiento oficial de la ANFA (Academy of Neuroscience of Architecture) en San Diego, California. Esta institución nació como una declaración de intenciones por estrechar vínculos entre la arquitectura y la neurociencia. Desde su instauración, sus actividades han consistido en coloquios bianuales donde diferentes arquitectos y neurocientíficos comparten sus visiones e investigaciones sobre los vínculos entre estas dos disciplinas.

A raíz de estas conferencias el término *neuroarquitectura* ha sido acuñado sin una definición clara, pero que podría empezar por ser el campo que estudia la relación entre la arquitectura y la neurociencia. Con el peligro de pasar a ser un campo de investigación sin soporte científico, un pequeño número de investigadores realizan estudios para aterrizar los incipientes principios de lo que promete ser una de las disciplinas del siglo XXI. La presente investigación tiene como objetivo mostrar los trabajos más relevantes de este ámbito, y dar a conocer los primeros resultados obtenidos.

¹ Texto original: “If you enter the Cathedral in Amiens at twilight while an organ is playing and find that your “heart skips a beat,” it’s because your brain— not your heart—has filled you with awe. Cells in your brain are gorging themselves with a sudden flush of blood, raising your temperature, quickening your pulse, and flooding you with memories. Light flooding through stained glass windows is stimulating the V4 area of your visual cortex. Bach’s music is vibrating within the cochlea of your inner ear and sending signals to the auditory cortex. The musty smells of centuries past register unconsciously on the olfactory neurons at the bridge of your nose. You are experiencing architecture.”

La neurociencia y la arquitectura encuentran su vínculo en la percepción del espacio construido. Cómo se perciben los espacios, y cómo esta construcción neuronal determina las praxis de ciertas actividades, es de especial interés para arquitectos y usuarios, ya que podemos apoyar determinadas situaciones (atención, concentración, participación, trabajo en equipo...) mediante la modulación de parámetros espaciales (luz, aire, escala, calidez acústica...).

La base de la *neuroarquitectura* radica en el hecho de que independientemente del programa que se esté desarrollando (un espacio educativo, residencial, sanitario o lúdico) éste será habitado por organismos vivos que experimentarán cambios a lo largo de su existencia. Tener en cuenta los parámetros de interacción con el entorno ayuda a realizar propuestas que están conectadas con cómo se produce este intercambio de información, siempre en pro del desarrollo de la actividad.

Un uso malintencionado de estos conocimientos y sus herramientas asociadas, es planteado por el investigador Rafael Yuste, quien trabaja en la actualidad en Columbia University (NY) en los neuroderechos y un código de neuroética.

El sistema nervioso, arquitecto de realidades

Previo a establecerse el concepto de *neuroarquitectura*, parte del colectivo de arquitectos y neurocientíficos que a menudo se reúnen en los simposios de la ANFA han emitido durante los últimos 13 años su visión en forma de publicaciones. Pallasmaa y Mallgrave son dos de las figuras más representativas en el marco teórico de esta investigación. Los dos coinciden en que la arquitectura debe evolucionar hacia una vertiente más conectada con el conocimiento del sistema nervioso.

Juhani Pallasmaa nos dice que *“La práctica de la arquitectura contiene y fusiona ingredientes de categorías irreconcilables y en conflicto”*² y que *“con las innovaciones técnicas tendemos a subestimar, o desatender por completo, el milagro de la vida en sí misma”*³. Pallasmaa reclama una arquitectura entendida dentro de su contexto biológico y ecológico, que tenga en cuenta la complejidad de la plasticidad del cerebro humano. Para llevar a cabo este viraje se necesita conocer la naturaleza multi-sensorial de las experiencias arquitectónicas. Más allá de conocer el funcionamiento de la retina en el proceso de la visión, Pallasmaa aboga por un conocimiento del proceso de fusión que surge cuando un observador está inmerso en un entorno, momento en el cual los límites entre la percepción y lo percibido se diluyen, entendiendo el sistema como una única realidad. Entender los edificios como extensiones del cuerpo, tanto individual como colectivamente, es la raíz de la propuesta del arquitecto finés para llevar a cabo la labor sensorial de la arquitectura.

La investigación del arquitecto americano Harry Francis Mallgrave abraza la arquitectura como el medio del que se nutren los organismos y la cultura humana. Su estudio propone diseñar entornos que se ajusten a las necesidades de la biología humana, entornos proyectados teniendo en cuenta cómo nos movemos, el ambiente, la atmósfera, el color, el sonido, la escala... Su trabajo traduce aportaciones de las ciencias sociales a la praxis de la arquitectura. Complementa los estudios de Ellen Dissanayake sobre antropología del arte y cultura diciendo que *“suma dos aspectos de la investigación biológica contemporánea que tienen relación directa con nuestros entornos construidos: los nuevos modelos de emoción, y el sistema de neuronas espejo como soporte de las emociones”*⁴.

Estas dos investigaciones subrayan el hecho de que experimentamos el entorno construido de una variedad de

² Texto original: *“The practice of architecture contains and fuses ingredients from conflicting and irreconcilable categories”*.

³ Texto original: *“with the technical innovations, we tend to underestimate, or entirely neglect, the miracles of life itself”*.

⁴ Texto original: *“...two aspects of contemporary biological research that have a direct relevance to our built environments: ... the newer models of emotion... and emotion’s underpinning in human mirror systems”*.

maneras porque lo que sucede es que estamos traduciendo la realidad construida en una realidad corpórea. Esta aprehensión del espacio tangible traducido a sensaciones es posible gracias al sistema nervioso que habita en cada cuerpo.

El sistema nervioso es el encargado de transportar la información desde el entorno hacia nuestro cerebro (vías aferentes) así como de gestionar las respuestas de cuerpo humano (vías eferentes). Este flujo de información provoca respuestas en las células del cuerpo que hacen medible el impacto del entorno. Sudoración, respuesta galvánica de la piel, variación del tamaño de las pupilas, vibración de fibras musculares, frecuencia cardíaca, piel de gallina, o sensaciones viscerales son algunas de estas respuestas.

Como contaba Eberhard, cuando una persona entra en un espacio construido, por ejemplo, en una casa, inmediatamente percibe su olor, su temperatura, sus dimensiones, la cantidad de aire, su carácter, su color, su sonido, sus materiales... Estas variables son los parámetros con los que se construye la percepción. Cuando vemos un material arquitectónico, la corteza visual se activa y nos da información no sólo de su color, sino también de su textura. Sin necesidad de tocarlo, se saben (por la experiencia) sus características táctiles. Esta información multisensorial es recibida y procesada por el cuerpo mediante la acción del sistema nervioso, y se produce sin que seamos conscientes de ello. Es el contacto con el entorno lo que hace estar conectados con él, los casos de desconexión, como lo que sucede al entrar en una cámara anecoica⁵ producen alteraciones en el sistema perceptivo.

Este proceso de asociación de elementos tangibles con sensaciones, se aprende desde que nacemos hasta que fallecemos. Así bien, un infante pasa por el periodo de llevarse todo lo que encuentra a la boca, para poder evaluar características inapreciables con el tacto, la vista o el oído como mecanismo de aprendizaje sensorial.

Investigaciones entre la neurociencia y la arquitectura.

Actualmente no existe un grupo de investigación establecido que trabaje exclusivamente en este campo. En cambio, hay un gran abanico de profesionales que, de manera individual, investigan los vínculos entre determinados campos de la neurociencia y el diseño arquitectónico. En el volumen *Mind in Architecture*, publicado por MIT Press en el 2015, Juhani Pallasmaa y Sarah Robinson reunieron a los teóricos más relevantes del campo y sus investigaciones. Entre ellos encontramos a Harry Francis Mallgrave, Mark L. Johnson, Michael Arbib, Iain McGilchrist, John Paul Eberhard, Vittorio Gallese, Alessandro Gattara, Melissa Farling, Thomas D. Albright y Alberto Pérez-Gómez.

Las reflexiones teóricas coleccionadas en este volumen abarcan desde la dimensión cognitiva del proceso de percepción hasta el rol de las neuronas espejo en la comunicación con el entorno. Conceptos necesarios para poder llevar a cabo acciones prácticas que pongan de manifiesto la relación entre percepción y diseño.

En cambio, existen tres casos de arquitectos que han desarrollado proyectos con estas bases teóricas de fondo:

Isabella Pasqualini arquitecta y doctora en neurociencias por la ETHZ en el año 2000 y 2012 respectivamente. Desarrolló el proyecto Raum in Raum donde sometía a los espectadores a una experiencia visceral. Mediante unos dispositivos de video simulaba que eran elevados por una grúa dentro de una nave industrial sobrevolando sobre sí mismos.

⁵ Denominación de un espacio completamente aislado del exterior y diseñado para absorber más del 95% de las ondas de sonido, donde no existe eco ni reverberación. Una separación del mundo de las sensaciones, también denominada privación sensorial o aislamiento perceptivo, provoca delirios y pérdida de la noción de la realidad.

Pasqualini ponía a prueba el aguante del cuerpo en una experiencia extra-corpórea⁶ donde las sensaciones corporales eran provocadas por los estímulos visuales (ya que el espectador en ningún momento se movía de una silla).

María Auxiliadora Gálvez, arquitecta por la escuela Politécnica de Madrid en el año 1998 y doctora en arquitectura por la misma universidad en el año 2002. Continúa desarrollando su investigación sobre cómo la consciencia del cuerpo modela nuestra experiencia vital. Extrapola los principios del método Feldenkrais y de la danza contemporánea a la praxis arquitectónica, utilizando la propiocepción como estrategia de diseño. Gálvez aporta una visión somática a la experiencia de la arquitectura.

Philippe Rahm es arquitecto por la ETHZ desde el año 1993, y ha formado un equipo que está determinado a proyectar arquitectura basándose en parámetros como la temperatura, la humedad o el olor. En sus múltiples proyectos construidos pone de manifiesto la dimensión biológica de la arquitectura. Desde su estudio abogan por abandonar la visión unívoca del espacio y persiguen comprometerse con la ciencia, la medicina y la tecnología, en lo que Rahm llama el *pensamiento crítico*.

Interacción con el entorno

Desde el inicio de las neurociencias modernas, con Ramón y Cajal, los neurocientíficos trabajan por desvelar el código de funcionamiento del cerebro; más concretamente, cómo el sistema nervioso resuelve la representación del mundo.

Gracias a los trabajos de neurocientíficos como V. S. Ramachandran, Semir Zeki y Oliver Sacks, conocemos muchos de estos mecanismos neuronales perceptivos, y sabemos que la representación de la realidad comienza en la representación del propio cuerpo.

Para comprender el impacto que el entorno tiene en la persona es necesario entender cómo el cuerpo humano interioriza en primera instancia este entorno que le rodea. Curiosamente los casos de estudio que más luz han arrojado son aquellos de pacientes con anomalías en el funcionamiento de sus redes neuronales, ya que estas disfunciones contrastaban con las percepciones del resto de personas, y hacen posible establecer conexiones entre daños cerebrales y percepción o sensación.

Como consecuencia de la singularidad fisiológica y funcional del Sistema Nervioso, no se han encontrado fórmulas universales para desarrollar espacios específicamente asociados con sensaciones o emociones. En cambio, puesto que sí se conocen las etapas de maduración de este sistema, se pueden establecer criterios de relación con el entorno que se adecúen a las necesidades corporales de los usuarios.

La maduración del yo⁷

Desde que el ser humano es concebido hasta que llega a la adultez, el sistema nervioso pasa por diferentes etapas del desarrollo. Esta maduración del sistema perceptivo está estrechamente relacionada con las experiencias vitales, cuanto más rica sea la experiencia vital mayor será el grado de habilidad de interacción con el entorno. Además, el conocimiento del mundo a través de los sentidos tiene un papel clave en la conformación de la personalidad. El entorno, el cuerpo y la psique no son módulos independientes, sino que trabajan en estrecha colaboración.

⁶ En inglés se denomina *out of body experience* al fenómeno que atraviesa el cuerpo cuando es observado desde fuera. En la actualidad equipos como *Be Another Lab* exploran el uso de tecnología para estudiar a nivel neuronal fenómenos como la empatía.

⁷ En inglés se traduce como *self* y tiene que ver con la dimensión interna de nuestro yo consciente

a) **Durante la vida prenatal**

Las experiencias en el seno materno y la predisposición genética son claves en el desarrollo cerebral temprano, durante esta etapa se desarrolla la base del sistema nervioso; el sistema límbico inferior. En este momento se determina el modo de reaccionar ante situaciones de estrés, algo que será difícil cambiar durante la vida adulta.

Las características del entorno durante esta etapa de la vida tienen que ver con la ingravidez y la calidez. Debido a la escasa maduración de los ojos sólo se percibe luz u oscuridad, en cambio, los sonidos son percibidos con mayor nitidez acompañados por vibraciones. Estos parámetros son de utilidad para diseñar espacios destinados a albergar neonatos. Lo más adecuado es crear una atmósfera en la que el bebé recién nacido sienta lo más parecido al vientre materno, también en lo relativo a su postura.

b) **Durante la vida infantil**

Una vez fuera del vientre materno, los bebés comienzan a desarrollar el sistema de condicionamiento emocional inconsciente que, junto con el sistema límbico inferior, conforman el núcleo de la personalidad. Se produce el desarrollo del núcleo de las emociones, el sistema límbico medio.

Durante estos primeros años de vida la actividad neuronal es muy elevada (constante e intensa), suceden millones de sinapsis, muchas de las cuales serán desechadas en la posteridad, lo que hace que los bebés sean seres muy sensibles a su entorno. Durante esta etapa los niveles de mielina en los axones del cerebro crecen desmesuradamente, lo que permite que se tenga mucha imaginación.

En esta etapa, las experiencias influyen en las conexiones y definen qué situaciones, elementos y personas asociamos con determinadas emociones. El gusto/olfato son los sentidos más afinados, lo que hace que los bebés comiencen a conocer el mundo a través de la boca y la nariz. Con el paso de las semanas este ámbito de percepción sensorial se va ampliando hasta que abarca el cuerpo completo, comenzando a establecer conexiones con los elementos y personas que hay en el entorno directo del niño.

c) **Durante la niñez y la adolescencia**

La corteza cingulada anterior, la corteza prefrontal y la ínsula comienzan a desarrollarse y con ellas la sociabilidad, representada en el cerebro por la actividad en el sistema límbico superior. Muchas conexiones sinápticas han sido desechadas y ya se tiene un registro de sensaciones y recuerdos que será utilizado para anticipar interacciones con el entorno, herramienta fundamental para el aprendizaje.

Durante esta etapa se aprende a relacionarse con las personas del entorno, siendo menos relevante el espacio tangible para el aprendizaje, pero fundamental para la consolidación de la personalidad. El sistema límbico constituye el yo con sus sentimientos en un contexto social; se aprenden las reglas sociales, los sentimientos y las emociones.

d) **Durante la adultez temprana**

Desarrollo de la razón; pasada la adolescencia se produce la maduración de los sistemas cognitivo y lingüístico, implicando una mayor destreza en la comunicación con los demás, en el planeamiento de acciones y en la comprensión del mundo exterior. A partir de este momento, estas áreas se transforman constantemente, sobre todo al hablar con otras personas. La sensibilidad a los estímulos externos es cada vez menos flexible y se tienen más herramientas para no dejarse influir por las condiciones del entorno.

Aprendizaje mediante mandalas corporales

El cerebro corporeizado ha sido ampliamente estudiado por Sandra y Matthew Blakeslee en su investigación publicada bajo el título *El mandala del cuerpo*. En su trabajo documental enumeran y explican una variedad de situaciones en las que la relación de nuestro cuerpo con el entorno tiene repercusiones en la estructura cerebral.

A medida que se interactúa con el entorno, desde el nacimiento, el cerebro va tejiendo las conexiones neuronales encargadas de construir la realidad. Durante las diferentes etapas de la vida, los estímulos que recibimos causan un impacto que va cambiando de escala según se amplía nuestra experiencia. La forma que tenemos de mapear el espacio que rodea a nuestro cuerpo es haciéndolo corpóreo, o lo que es lo mismo, simulando que el espacio y los objetos que nos rodean son partes de nuestro cuerpo.

Por ejemplo, en nuestro cerebro hay un área específica donde está representado nuestro brazo, si cogemos un palo e intentamos alcanzar un balón que se ha quedado atrapado en las ramas de un árbol nuestra representación del brazo en el cerebro se verá momentáneamente modificada por la presencia del palo, de manera que perceptualmente nuestro brazo habrá cambiado su tamaño hasta alcanzar la longitud equivalente a la longitud de nuestro brazo más la longitud del palo.

El psicólogo Seth Pollak, experto en desarrollo infantil, dejó patente en sus numerosos estudios sobre psicomotricidad en niños que el sistema motor no es innato, como se pensaba, sino que la relación con el mundo físico es necesaria para el desarrollo de unos mapas corporales normales el momento clave para ello es durante la infancia, punto cumbre de la plasticidad neuronal.

El Homúnculo, Penfield

Wilder Penfield, cirujano del Instituto Neurológico de Montreal, pionero en el ámbito de la neurocirugía, ha pasado a la historia por ser el primero en abrir el cráneo a pacientes despiertos para tratar las causas de la epilepsia. Para sus tratamientos utilizaba electrodos con los que buscaba tejidos anómalos en la superficie del neocórtex. Eran intervenciones de más de 12 horas en las que el médico trabajaba directamente en el cerebro de sus pacientes que, despiertos, iban hablando con él (esto era posible gracias a que el cerebro no tiene receptores del dolor).

Durante estas exploraciones Penfield pedía respuesta a los pacientes sobre qué sentían mientras estimulaba con los electrodos pequeñas regiones, así observó que en el córtex existe un conjunto de representaciones neurales de las diferentes partes del cuerpo. Concretamente hay dos tipos de representación; una según movimiento y otra según sensación. Tras comprobar que esta cadena de neuronas conectadas con el movimiento y neuronas conectadas con la sensación del cuerpo se repetía en todos los pacientes, estableció lo que él mismo denominó el homúnculo.

Homúnculo es un término que en latín significa *hombrecillo*, y hace referencia a esta representación de los mapas motor y sensorial que se extienden a lo largo de una franja de unos dos centímetros de ancho que va de oreja a oreja por encima de la coronilla, como una diadema.

La inteligencia corporal no brota de estos homúnculos de forma innata, sino que es fruto de una compleja red de interacciones que se construyen a lo largo del tiempo. Este mapeo del cuerpo, cómo se mueven y se sienten los brazos, las piernas, la cara... es el punto de partida para conocer el entorno y poder interactuar con él.

Las neuronas espejo, Rizzolatti y Gallese

Año 1991, Universidad de Parma; un grupo de científicos liderado por Giacomo Rizzolatti estudia la planificación y realización de movimientos, concretamente el acto de asir objetos. Para los experimentos implantaron en el cerebro de un mono electrodos en las áreas responsables de ejecutar estas acciones. Cada vez que el mono realiza una acción con sus manos, cierto grupo de neuronas se activa y el electrodo en cuestión emite una señal eléctrica que llega al monitor del laboratorio.

El objetivo era encontrar los circuitos neuronales que hacen posible estas acciones –extender el brazo, doblar los

dedos, coger la taza, acercarla al rostro—, dilucidar las bases neuronales del mecanismo de intención en la acción motora.

Blakeslee (2009) cuenta que *“un día, un licenciado entró tranquilamente en el laboratorio con un helado en su mano. El mono miró fijamente desde el otro lado de la habitación. El estudiante echó un vistazo al mono. Nada fuera de lo normal. Pero cuando el estudiante levantó el helado hacia sus labios para lamerlo, algo sorprendente pasó. El monito emitió un sonido: brrrip, brrrip.”*⁸

Tras este suceso, y durante los tres años siguientes, Rizzolatti y su equipo estudiaron en mayor profundidad este tipo de respuesta en neuronas de la corteza premotora y en la corteza parietal, llegando a publicar en 1994 el primer artículo científico sobre estas *neuronas espejo*. Otros investigadores encontraron también este tipo de neuronas en la corteza insular, la corteza cingulada y la corteza táctil secundaria.

Que las neuronas espejo hayan sido localizadas en los mapas táctiles y de movimiento del lóbulo parietal —una región que previamente se atribuía únicamente a la percepción espacial— tiene una importante implicación y es que podemos detectar movimientos biológicos⁹ en nuestro entorno sin necesidad de ser conscientes de ello.

De esta manera, el sistema visual está en sintonía permanente con el espacio circundante, el ser humano es un detector de actividad, en palabras del propio Rizzolatti; *“Cuando me ves haciendo algo, lo comprendes porque posees una copia de la acción en tu cerebro. Es tan extraño. Te conviertes en mí. Cuando veo que coges un objeto, es como si yo, Giacomo, lo estuviera cogiendo.”*¹⁰

Este diálogo invisible que establece nuestra percepción con nuestro entorno es una de las bases del aprendizaje, y, como sugiere el arquitecto e investigador, Francis Mallgrave *“cuando observamos un material arquitectónico, sabemos que las áreas hápticas del córtex somatosensorial se activan”* es más *“si somos niños en momento de exploración puede que incluso le demos un lametazo con nuestras lenguas”*¹¹

Sin necesidad de tocar un material, el sistema nervioso conoce sus características, hecho que ahorra energía y tiene relación con el papel anticipatorio del cerebro. Igualmente, cuando observamos un movimiento, nuestro cerebro lo reproduce e incluso anticipa qué sucederá después. De nuevo, un mecanismo de eficiencia para poder invertir la energía en otros procesos más exigentes.

Que el cerebro disponga de células que tienen la propiedad de emular lo que sucede en el entorno permite al ser humano estar en contacto constante con el exterior, traduciendo lo que observa a una realidad sensorial-motora.

Teoría de las Affordances, Gibson

El último punto relevante a tener en cuenta, cuando se estudia la construcción de la realidad tangible, es lo que el psicólogo James G. Gibson, de Cornell University, llamó la “Teoría de las affordances”.

⁸ BLAKESLEE, S; BLAKESLEE, M. (2009). *El mandala del cuerpo. El cuerpo tiene su propia mente*. Barcelona, La Liebre de Marzo (188).

⁹ Término utilizado por primera vez por el psicólogo Gunnar Johansson para designar los esquemas de movimiento animal y humano.

¹⁰ BLAKESLEE, S; BLAKESLEE, M. (2009). *El mandala del cuerpo. El cuerpo tiene su propia mente*. Barcelona, La Liebre de Marzo (192).

¹¹Texto original: *“When we view an architectural material, we know that the tactile areas of the somatosensory cortex become active (...) if we are children still in state of exploration we might even lick it with our tongues”*. Architecture and Empathy, Tapio Wirkkala-Rut Bryk Design Reader, Espoo Finland, 2015.

En sus propias palabras, James J. Gibson *“la affordance de cualquier cosa es la combinación específica de propiedades de su sustancia y sus superficies tomando un ser vivo como referencia”*¹² En otras palabras, lo que percibimos de un objeto no son sus características aisladas sino sus affordances, fruto del resultado de la unión de sus cualidades y su morfología.

A lo largo del desarrollo de su teoría, Gibson establece que las affordances del entorno son aquello que es ofrecido al habitante, y que tiene que ver con los componentes a los que la percepción tiene acceso. Si traducimos esta teoría a la práctica, concretamente a un ambiente dedicado a la educación, los entornos de aprendizaje se entienden como espacios en los que se tiene a disposición de los sentidos un conjunto de parámetros tangibles en combinación con una serie de posibles acciones que da lugar a la atmósfera en la cual se produce la actividad de aprender.

Pese a que el término acuñado por Gibson ha sido históricamente utilizado dentro del marco de la psicología, la presente investigación lo extrapola al mundo de la educación puesto que se entiende que las affordances no son algo inherente al entorno, como sugiere Gibson, sino que necesitan de un ser vivo (receptor y generador de esta realidad) para construirse. Así pues, las affordances pasan de ser una característica del medio a ser una característica del observador, de acuerdo a su experiencia y conocimientos.

Por ejemplo, si a un niño de 4 años se le facilita una cuchara, sabrá perfectamente qué posibles usos tiene y probablemente encajarían con los usos que un adulto le diera. Si en cambio le damos un astrolabio, no sucedería lo mismo. Un objeto cuya existencia desconocemos no tiene, a priori, ninguna función asociada. En contraposición, los objetos que nos son familiares nos sugieren sus posibles utilidades sin necesidad de que los utilicemos.

Llevado a la práctica, de nuevo en el contexto educativo, si en un aula se quiere que los alumnos se concentren en una tarea para la que necesitan un bolígrafo y un papel, no habría que dejar a su vista las tijeras, el pegamento, las acuarelas... Si, en cambio, se quiere crear un espacio en el que fluyan las ideas (creatividad), lo ideal es que los alumnos tengan acceso visual al mayor número posible de herramientas sin ser hiperestimulados ni tener todo por medio (para facilitar las superficies de trabajo).

El neuropsicólogo Álvaro Bilbao¹³ habla sobre el fenómeno del *pensamiento divergente* dentro de su estudio relacionado con la creatividad y lo define como la capacidad de ver alternativas. En el caso de Bilbao, acuña el término para un tipo de pensamiento dirigido que tiene lugar durante ejercicios concretos relacionados con la creatividad. Hace alusión al ejercicio que Ken Robinson nombra en una de sus charlas TED sobre los posibles usos de un clip. El neuropsicólogo añade un ejemplo parecido con un ladrillo y describe como personas altamente creativas son capaces de nombrar centenares de posibles alternativas a su uso tradicional, mientras que aquellas con otras capacidades menos creativas no llegarán a la veintena de usos.

Este mismo autor pone de manifiesto que el pensamiento divergente no es sinónimo de creatividad si no que dentro del ámbito de la neuropsicología éste es una capacidad intelectual innata, que diferencia a los niños de los adultos, y que puede conservarse a lo largo del tiempo con determinados ejercicios.

Teniendo en cuenta durante la etapa infantil y niñez las vías neuronales correspondientes al autocontrol no están desarrolladas habrá que prestar especial atención al diseño de espacios para estas edades.

En contraste, durante la etapa adulta no se necesita un cuidado tan exhaustivo del entorno ya que el cerebro está mucho más desarrollado y puede seleccionar los estímulos que más interesan. El diseño de entornos para estas etapas

¹² Texto original: *“the affordance of anything is a specific combination of the properties of its substance and its surfaces taken with reference to an animal”*. Robert Shawm, John Bransford; *Perceiving, Acting, and Knowing*. Lawrence Erlbaum Associates. New Jersey 1977.

¹³ BILBAO, A.; *El cerebro del niño explicado a los padres*. Editorial Plataforma Actual, Septiembre 2015, Barcelona (p. 287)

de la vida (adulta y vejez) son producto de una investigación paralela en la que se tienen en cuenta otros factores.

Entornos y desarrollo durante la niñez

Hay numerosos manuales sobre el diseño de espacios educativos que proponen acciones para rediseñar las escuelas con el objetivo de centrar el aprendizaje en el alumno. Los estudiados en esta investigación han sido el manual de Prakash Nair titulado *Diseño de espacios educativos*, publicado en el 2014, y el manual de Siro López titulado *Esencia*, publicado en 2018. En ambos casos se justifica el amplio abanico de posibilidades que los actuales espacios educativos tienen para convertirse a las necesidades del SXXI, pero en ningún caso se aportan evidencias científicas sobre cómo estos cambios afectan al rendimiento académico o al funcionamiento de las actividades de los habitantes.

En cambio, una investigación liderada por Peter Barrett en la Universidad de Salford aporta datos concretos sobre el impacto que el entorno tiene en el proceso de aprendizaje; y otra investigación desarrollada por Mombiedro y San Gregorio en Media Lab Prado puso de manifiesto la relación existente entre el tipo de juego y el entorno.

Clever Classrooms. HEAD Project. Universidad de Salford¹⁴

“Es fácil sobre-estimular a los alumnos con colores vibrantes y muchas decoraciones, pero una caja blanca tampoco es la solución”¹⁵. Este estudio da a conocer la importancia de realizar cambios y mejoras en el centro educativo teniendo en cuenta los impactos que tienen en el aprendizaje.

En este estudio se analizaron 27 escuelas de educación primaria en tres localidades diferentes dentro de Inglaterra (Blackpool, London Borough of Ealing y Hampshire). Los edificios eran diferentes entre ellos con construcciones que abarcaban desde 1900 hasta el año 2000. Se hizo el seguimiento de 3766 alumnos en las materias de matemáticas, lectura y escritura, distribuidos en un total de 153 aulas. Para lo que se realizaron cuatro análisis paralelos:

- a) Se tomaron medidas de los espacios, así como de su distribución, mediante dibujo y fotografía.
- b) Análisis de la posibilidad de control, tanto de las variables tangibles como las intangibles. Acceso al control de calefacción y la complejidad visual del espacio y qué posibilidades de organización tenía la clase.
- c) Control de las constantes atmosféricas interiores. Temperatura, luz, humedad, cantidad de CO2 y acústica.
- d) Se emitió un cuestionario a los profesores para conocer su experiencia en el aula durante todo el año, así como la evolución de los alumnos.

La investigación publicada concluye con dos puntos:

1. Se obtiene, por primera vez, evidencia científica del impacto del entorno del aula en los resultados académicos de los alumnos. Se detecta una mejora media del 16% en el progreso anual.
2. Se proponen tres principios para el diseño que engloban un total de 7 parámetros basados en los factores de impacto analizados:

¹⁴ Clever Classrooms, Summary report of the HEAR Project (Holistic Evidence and Design). University of Salford, Manchester. February 2015.

¹⁵ Texto original: “it is easy to over-stimulate pupils with vibrant colours and overly busy displays, but a White box is not the answer either”

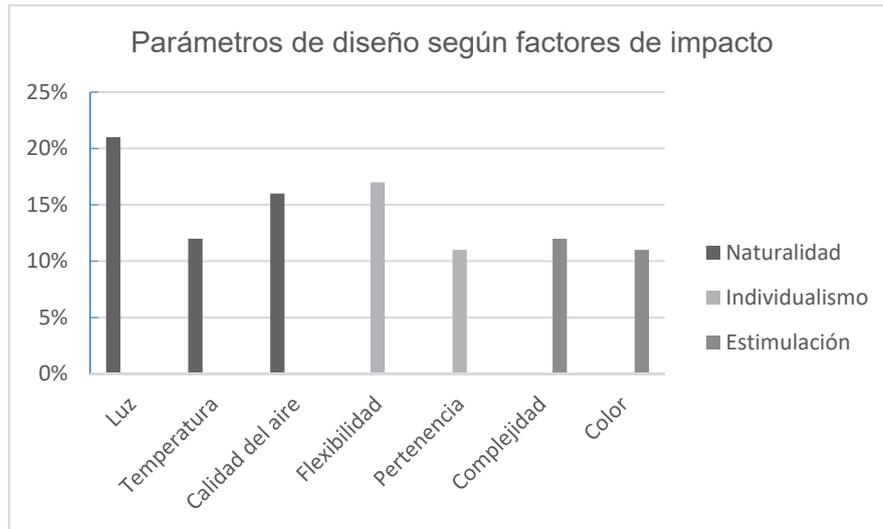


Figura 1. Niveles de influencia de factores de impacto en las aulas. Interpretación de los datos del estudio Smart Classrooms

- a) La naturalidad (49%): Luz solar, temperatura y calidad del aire
- b) El individualismo (28%): Flexibilidad y pertenencia
- c) La estimulación (13%): Complejidad y color

Aquí radica uno de los puntos más interesantes de esta investigación y es que no se pueden homogeneizar las propuestas de transformación de espacios educativos por tipologías (aulas, pasillos, patios...) ni por metodologías (ABP, Cooperativo, IIMM...) sino que sólo podemos actuar mediante la modulación de un abanico de parámetros y teniendo siempre en cuenta las características concretas del espacio.

Construir jugando, construir observando. Puesta en práctica de los mecanismos de aprendizaje creativo inherente a nuestra condición humana.

Durante la investigación de Sara San Gregorio y Ana Mombiedro realizada en el edificio del Media Lab Prado se observó el comportamiento de los niños mientras jugaban libremente en las inmediaciones del edificio.

El periodo de observación fue de 10 días en los que, de 17.00 a 19.00 acudían de manera espontánea grupos heterogéneos de niños para pasar su tiempo libre en las inmediaciones. Se realizaron 4 jornadas de observación intensiva y otras 6 jornadas de evaluación del comportamiento, clasificando los tipos de juego que surgían entre los niños y buscando los vínculos con el espacio en el que los llevaban a cabo.

Por las características del edificio, los niños tenían acceso a un gran número de dependencias, las investigadoras fueron añadiendo y variando la cantidad y tipo de dispositivos de juego que los niños tenían a su alcance, condicionando la investigación de manera no invasiva.

Así, se estableció una relación entre el tipo de juego, los elementos utilizados, y el espacio en el que realizaban la actividad. Los entornos de juego quedaban claramente diferenciados de acuerdo a los siguientes parámetros:

Parámetros inherentes al entorno

1. La luz: Estableciendo tres diferencias, exterior al aire libre, exterior cubierto e interior con suplemento

artificial.

2. Los estímulos: Según los artilugios dispuestos para la interacción, graduando de 0-5 de 5-10 y por encima de 10 objetos con los que poder jugar.
3. El área de movimiento: Volumen de aire libre de obstáculos.
4. La escala: relación del tamaño del niño con el tamaño de los objetos predominantes en el entorno.

Parámetros inherentes a la actividad

5. El marco de referencia: Si el juego se realizaba de dentro hacia fuera (intrapersonal) o de fuera hacia dentro (interpersonal).
6. La interacción: Graduación del nivel de implicación del objeto utilizado para el juego. El rango varía desde la ausencia de objeto, objetos compartidos o un objeto para cada jugador.
7. La concentración: Según la dirección de la atención.

Las conclusiones de esta investigación se pusieron de manifiesto en formato taller, que se denominó la Regadera y se desarrolló durante el año 2019. Cada actividad de juego propuesta tenía como centro neurálgico una pieza o conjunto de piezas, así como un espacio asociado.



Imagen 1. Fotografía de Sara San Gregorio que ilustra uno de los juegos resultado de la investigación.

Conclusiones

Existen numerosas evidencias que muestran la relación entre las características físicas del entorno y cómo realizamos actividades de la vida cotidiana. Además, se ha demostrado cómo estas características tienen un impacto en el desarrollo tanto biológico como intelectual, y cómo pueden ser moduladas con un abanico de parámetros diferentes a los que la arquitectura tradicional propone.

Pivotando en torno a la infancia, cambios pequeños pueden tener un gran impacto en la calidad del desarrollo del niño, tanto durante su maduración hasta llegar a ser un adulto como en el transcurso de su vida académica y laboral.

Pese al denso entramado teórico, que ha sido extensamente trabajado en las conferencias de la ANFA en el Salk Institute, hay una notable escasez de trabajos experimentales que concreten los impactos neuronales del entorno construido y su relación con el comportamiento humano.

El creciente interés por la neuroarquitectura, abre incipientes vías de investigación que han de consolidarse si se quiere avanzar en el campo. El uso de tecnología adecuada para la toma de datos (como *eye tracking*, *facial expression analysis*, *electrodermal activity* o *electrocardiogram*) es todavía una utopía, por lo que las investigaciones que se llevan a cabo en el territorio nacional se están realizando siguiendo metodologías no cuantitativas, lo que dificulta la obtención de resultados significativos.

Es necesario, además, tener en cuenta que debido al momento extremadamente volátil que atraviesa la sociedad, estos estudios se quedan obsoletos rápidamente, por lo que se sugiere realizar una revisión periódica de los resultados.

Bibliografía

- ARBIB, M.; MALLGRAVE, H.F. Y PALLASMAA, J. (2013). *Architecture and Neuroscience*. Finlandia: Tapio Wirkkala Rut Bryk Foundation. 77 págs.
- BARRET, P.; ZHANG, Y.; DAVIES, F. Y BARRET, L. (2015). *Clever Classrooms, Summay report of the HEAD Project*. Manchester: University of Salford. 52 págs.
- BLAKESLEE, S. Y BLAKESLEE, M. (2009). *El mandala del cuerpo. El cuerpo tiene su propia mente*. Barcelona: La Liebre de Marzo. 252 págs.
- BRANSFORD, J. Y SHAW, R. (1977). *Perceiving, Acting, and Knowing. Toward an Ecological Psychology*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, págs 67-82.
- GALLESE, V.; ROBINSON, S.; MALLGRAVE, H.F. Y PALLASMAA, J. (2013). *Architecture and Empathy*. Finlandia: Tapio Wirkkala Rut Bryk Foundation. 87 págs.
- GARCÍA-GERMÁN, J. (2017). *Thermodynamic Interactions. An Architectural Exploration into Physiological, Material, Territorial Atmospheres*. New York: Actar Publishers. 270 págs.
- LÓPEZ, S. (2017). *Esencia. Diseño de espacios educativos. Aprendizaje y creatividad*. Madrid: Khaf. 367 págs.
- MOMBIEDRO, A. Y SAN GREGORIO, S. (2018). Construir jugando, construir observando. Puesta en práctica de los mecanismos de aprendizaje creativo inherente a nuestra condición humana. *Entera2.0*, 6, 178-188.
- MORA, F. (2011). *¿Cómo funciona el cerebro?*. Madrid: Alianza Editorial. 383 págs.
- NAIR, P. (2016). *Diseño de espacios educativos. Rediseñar las escuelas para centrar el aprendizaje en el alumno*. Barcelona: SM. 205 págs.
- PALLASMAA, J. Y ROBINSON, S. (2015). *Mind in Architecture. Neuroscience, Embodiment, and the Future of Design*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 259 págs.
- STRÜBER N. Y ROTH, G. (2014). Así Madura el yo. *Mente & cerebro*, 89. 52-53.
- YUSTE, R. Y GOERING, S. (2017). Four ethical priorities for neurotechnologies and AI. *Nature*, 551. 159-163.

Resumen.

La presente investigación aborda los vínculos entre la neurociencia y la arquitectura, buscando vías para conectar evidencias teóricas con espacios construidos. Toma como punto de partida las aportaciones teóricas de investigadores americanos en materia de neuroarquitectura y cómo estos principios teóricos han sido utilizados por algunos arquitectos europeos en sus proyectos arquitectónicos. La ausencia de grupos de investigación sólidos hace que haya pequeñas investigaciones a priori desconectadas, que sólo parecen tener en común un ferviente interés por proyectar desde lo que siente el ser humano, con el objetivo de crear una arquitectura que tenga en cuenta el confort emocional y funcional del usuario. Entendiendo la arquitectura y sus usuarios como un ecosistema que funciona en sintonía. La investigación concluye con dos estudios que han puesto en práctica los principios de la neuroarquitectura, resaltando la importancia de que en el futuro este campo se establezca bajo el paraguas de la investigación profesional para no caer en el saco de las pseudociencias.

Palabras clave. Neuroarquitectura; Affordances, Homúnculo; Mirror Neurons, Aprendizaje.

Abstract.

The present research approaches the links between neuroscience and architecture, looking for ways to connect the theories with the doings of the architects. It takes as a reference point the theories by american researchers in what concerns neuroarchitecture and how these principles have been used by some European architects in their projects. The lack of solid research teams entails a lot of small works a priori unconnected which seem to share the only goal of building spaces that consider how users feel in them. Creating an architecture that takes into account the emotional and functional comfort of the user, understanding the architecture and its dwellers as an ecosystem. The research concludes with two studies that have brought into practice the main principles of neuroarchitecture, highlighting the fact that in the near future this field should be established under the wings of professional researches so it doesn't end up as a pseudoscience.

Key-words. Neuroarchitecture; Affordances; Homunculus; Mirror Neurons; Learning.

Ana Mombiedro Lozano

Colegio Francesc de Borja Moll, docente educación secundaria
mombiedroana@gmail.com