



## Arquitectura, neurociencia y educación: estrategias y espacios didácticos para el aprendizaje innovador en la universidad

*Architecture, neuroscience and education: strategies and didactic spaces for innovative learning at University*

PORTERO TRESSERRA, Marta<sup>1</sup>  
CAMPOS CALVO-SOTELO, Pablo<sup>2</sup>

Portero Tresserra, M. y Campos Calvo-Sotelo, P. (2018). Arquitectura, neurociencia y educación: estrategias y espacios didácticos para el aprendizaje innovador en la universidad. *RELAPAE*, (9), 149-165.

### Resumen

El creciente interés por una educación basada en la evidencia científica, así como los recientes progresos en el campo de la neurociencia sobre la influencia de los espacios y la arquitectura en el comportamiento, las emociones y en los procesos de aprendizaje ha permitido el desarrollo de puentes entre arquitectura, neurociencia, y educación. El objetivo del presente artículo es revisar y analizar diversos estudios en el campo de la neurociencia y de la arquitectura que pretenden proporcionar herramientas útiles y fundamentación teórica y empírica para un uso adecuado de los espacios como un factor más modulador del aprendizaje con el fin de promover una buena práctica pedagógica. Tras una breve introducción sobre cómo el cerebro percibe el entorno, se pone especial énfasis en el análisis de la influencia de las características físicas del espacio en los procesos de aprendizaje, tales como la relación entre el confort y los procesos cognitivos, la modulación de las relaciones interpersonales y la metodología pedagógica. Asimismo, se describe el modelo del “Campus Didáctico” como una herramienta de innovación arquitectónica que integra los avances en neurociencia. Finalmente, se presentan dos prácticas pedagógicas innovadoras en la enseñanza universitaria de la Arquitectura que tienen en cuenta el uso de los espacios, así como los fundamentos teóricos de la neurociencia educativa.

**Palabras clave** Espacios de aprendizaje/ neurociencia/ arquitectura/ innovación educativa/ campus didáctico/ neuroeducación/ metodología pedagógica.

### Abstract

The growing interest in education based on scientific evidence, as well as recent progress in the field of neuroscience on the influence of spaces and architecture on behavior, emotions and learning processes has allowed the development of bridges between architecture, neuroscience, and education. The purpose of this article is to review and analyze various studies in the field of neuroscience and architecture which seek to provide useful tools and both theoretical and empirical foundations for an adequate use of spaces as a more

<sup>1</sup> Universidad Autónoma de Barcelona / marta.portero@uab.cat

<sup>2</sup> Universidad CEU-San Pablo / pacampos@ceu.es

modulating factor of learning in order to promote a good pedagogical practice. After a brief introduction about how the brain perceives the environment, special emphasis is placed on the analysis of the influence of the physical characteristics of space in learning processes, such as the relationship between comfort and cognitive processes, the modulation of interpersonal relationships and pedagogical methodology. Likewise, the present study describes the model of the "Teaching Campus" as a tool for architectural innovation that integrates advances in neuroscience. Finally, we present two innovative pedagogical practices in the University of Architecture that take into account the use of spaces, as well as the theoretical foundations of educational neuroscience.

**Keywords** Learning spaces/ neuroscience/ architecture/ educational innovation/ didactic campus/ neuroeducation/ pedagogy.

## 1. Planteamiento teórico: Cerebro, entorno y percepción

### Sobre el cerebro y su percepción del entorno

La percepción es una función cognitiva de la mente que permite elaborar, organizar e interpretar la información que proviene del exterior a través de los sentidos. Las personas perciben el mundo de manera subjetiva y, por tanto, los procesos perceptivos son una creación del cerebro y de la mente que dependen no solamente de los estímulos que se presentan en un momento dado, sino que están influidos por la atención, las expectativas que se generan, las emociones que se sienten y los recuerdos de experiencias previas vividas. El proceso es muy complejo y se está todavía lejos de entenderlo plenamente, pero a medida que la investigación en neurociencia cognitiva progresa, se va conociendo mejor (Morgado, 2012).

Para procesar la información sensorial que llega al cerebro mediante la vista, el oído, el olfato, el gusto y el tacto, el primer hecho a producirse es que su interiorización se codifique en impulsos eléctricos. El sistema nervioso capta la información mediante receptores situados en los órganos que conforman los sentidos, como los ojos. Estos receptores son células especializadas que captan los cambios energéticos del medio ambiente, de modo semejable a las energías mecánica y térmica que captan tacto y oído, la electromagnética que interioriza la visión, o la química que incide en el gusto y el olfato. Tras este primer acto, esta energía se convierte en potencial eléctrico que viaja al cerebro mediante nervios de la cara y medula espinal, y llega a la corteza cerebral, donde acontece el procesamiento y la percepción consciente del estímulo. Cada modalidad sensorial se procesa en una parte diferente de dicha corteza, dando lugar a regiones corticales primarias que procesan las características más básicas de los estímulos, y áreas secundarias donde se relacionan entre sí los rasgos del mismo estímulo y se integran con las emociones y los recuerdos personales, convirtiéndose en percepciones subjetivas e idiosincráticas. Así, el cerebro interpreta las diferentes características de los estímulos circundantes. Seguidamente, esta información es integrada, para generar un significado global del estímulo y -sobre todo-, relacionarlo con otras informaciones almacenadas en los sistemas de memoria cerebral.

Los recuerdos y las experiencias consolidadas que almacena el cerebro, trascendiendo a las percepciones del entorno, modulan los procesos de aprendizaje y memoria (Vanderplas, 1970). Para que una información pueda ser aprendida, antes deberá ser percibida y procesada adecuadamente. Por ello, todos los elementos que conforman el espacio físico y psicológico donde tiene lugar un aprendizaje estarán afectando al desarrollo del mismo. Una educación efectiva requiere un ambiente de aprendizaje que lo sustente y fomente, y así lo demuestran una amplia gama de estudios en los que un entorno de aprendizaje positivo promueve la adquisición de conocimientos por parte de los estudiantes (Entwistle y Peterson, 2004). La trascendencia del contexto espacial en la educación superior justifica dedicarle más adelante un epígrafe específico, referido al concepto de "*Campus Didáctico*".

### Percepción pasiva vs percepción activa

El hecho perceptivo está vinculado a la actitud de quien lo realiza. El ser humano se desenvuelve en el universo de la recepción de estímulos condicionado por sus circunstancias cerebrales y emotivas. Ya que analizar el impacto a título individual escapa a una aproximación como la presente, valga al menos subrayar el discriminar entre dos tendencias básicas de actitud humana ante la percepción: pasiva y activa.

En la primera de ellas, la persona se limita a recibir impresiones del entorno, activando por se una fase inicial del ciclo psíquico, limitándose el individuo a la mera disposición de los sentidos. En el caso del espacio construido, los que prioritariamente se emplean son la vista y el tacto, pero algunos autores han justificado que también se puede "oír la arquitectura" (Rasmussen, 1974), y otros han explorado el concepto de "Soundscapes", que interpreta la sonoridad de los paisajes físicos (Schaffer, 1993).

La segunda acepción, activa, se canaliza mediante el movimiento del ser humano, a través del cual se focalizan los ámbitos a percibir. Semejante interiorización está ligada tanto a la voluntariedad en la elección del itinerario, como a la especificidad de la arquitectura, en tanto que arte que sólo puede ser percibido espacialmente. Un procedimiento sencillo y completo para comprender fehacientemente la arquitectura es el caminar; tal actividad, aporta una valiosa carga poética: “Aunar actividad física y psíquica, elevar una actividad meramente mecánica –andar- al rango de una espiritual” (Schelle, 2013, p. 34).

La percepción es un ingrediente insoslayable del aprendizaje, pues propicia respuestas activas del alumno: “El aprendizaje ocurre consecuentemente mediante la participación, más que por la pasiva adquisición de conocimientos” (Lippman, 2010, p. 10).

## **2. Aprendizaje y espacio físico**

### **El espacio físico como factor educativo**

El impacto del espacio como condicionante de pensamientos y sentimientos es un tema complejo, que actualmente se investiga tanto desde la psicología como desde la neurociencia y la arquitectura (Papale *et al.* 2016). Dicha complejidad se justifica tanto por la infinidad de factores que interfieren en la sensación de confort individual como por la dificultad de aislar la relación entre las influencias psicológicas y fisiológicas producidas por factores simultáneos (Cao *et al.* 2012).

El avance en neurociencia desde finales del siglo XX ha aportado teorías y técnicas que permiten aplicar al diseño arquitectónico los conocimientos sobre el funcionamiento del cerebro, con el fin de promover un mayor bienestar en quienes lo habitan. En esta sinergia se centra la Academia de Neurociencias para el estudio de la Arquitectura (ANFA) fundada en 2003 en EE.UU., que pretende entender cómo el espacio afecta a la mente humana (Dance, 2017). Son muchos los ejemplos de espacios que inciden en la conducta de manera positiva. Sirva como testimonio la escuela Kingsdale de Londres, rediseñada en el año 2002 para la cohesión social y la creatividad (Jarrett, 2006), o las unidades de atención especial para pacientes de alzhéimer, que permiten reducir los niveles de ansiedad y agresividad (Zeisel *et al.* 2003).

Un campo de investigación en neurociencia y arquitectura que se encuentra en auge es el de la educación. Diseñar ámbitos formativos (escuelas y universidades), que fomenten procesos de Enseñanza/Aprendizaje bajo el nuevo paradigma educativo es un reto social actual.

Asumiendo la plasticidad cerebral, y por tanto las modificaciones en la función y morfología de las conexiones neuronales a partir de la experiencia (Sousa, 2014), puede afirmarse que el entorno provoca cambios en el sistema nervioso, los cuales implicarán cambios en actitudes y cognición, provocando que el individuo se relacione de manera diferente con su entorno. Este proceso de retroalimentación entre las experiencias del entorno, los cambios en el comportamiento y en el sistema nervioso es la triada en la que se sustenta la vivencia.

Por ello, arquitectura y experiencia espacial constituyen elementos contextuales que influyen en el cerebro y, por tanto, en el modo en que el individuo piensa, siente y se relaciona con otros, y en cómo se desarrolla el aprendizaje (Mora, 2013). Las personas construyen los espacios y los espacios construyen a las personas, de modo que éstos juegan un importante rol como factor educativo (Santos Guerra, 1993). El diseño de la forma arquitectónica, la iluminación, los materiales, texturas y colores adecuadamente armonizados, que respeten los códigos de funcionamiento del cerebro, serán elementos fundamentales para promover los procesos de atención, aprendizaje y memoria. Recientemente, diversos estudios han comprobado que las características

ambientales y organizativas del espacio educativo influyen en los procesos cerebrales, los aprendizajes y los comportamientos de los alumnos (Cheryan *et al.* 2014).

### **Confort, equilibrio homeostático, color y simbolismos**

Al abordar el impacto positivo del entorno arquitectónico en la motivación del alumno para aprender, una tendencia de creciente relevancia es la de promover condiciones ambientales que generen el máximo confort. Se ha constatado que recibir luz natural implica ejecutar mejor las tareas académicas (Edwards y Torcellini, 2002). Contar con una temperatura y ventilación adecuadas garantiza mayor comodidad, asegurando el equilibrio homeostático que requiere el organismo para funcionar óptimamente; temperaturas elevadas y falta de ventilación acarrearán déficit de atención y peor rendimiento académico, debido a una disminución del sistema de *arousal* de los alumnos (Haverinen-Shaughnessy y Shaughnessy, 2015).

Otros estudios abogan por reducir el exceso de estimulación sensorial; una sobreestimulación visual (paredes repletas de decoración y colores), dificulta la atención sostenida de los aprendices y la ejecución de sus actividades, dada la facilidad de distracción que suponen todos estos estímulos irrelevantes (Fisher, Godwin y Seltman, 2014). Se han observado resultados similares en investigaciones sobre los efectos del ruido externo a las aulas (Klatte, Bergstroem y Lachmann, 2013), por lo que debe fomentarse un aislamiento que evite la contaminación acústica, y minimizar el ruido interior.

El color es otro elemento significativo que puede afectar a las emociones y al comportamiento, así como modular la ejecución de actividades. Diversos estudios se han ocupado del impacto mental del color, entre los que destaca el de Heller (2004). Espacios con colores fríos (azul y verde) se relacionan con un mayor bienestar y una mayor sensación subjetiva de atención que espacios con colores calientes (rojo y naranja) (Gaines y Curry, 2011). El cromatismo asociado a los planos que configuran los lugares arquitectónicos incide directamente en la percepción subjetiva, propiciando respuestas ligadas a la emotividad; los tonos cálidos (rojos, ocres y derivados) se asocian más a respuestas de excitación y motivación, mientras que los fríos (azules, verdes y similares) se vinculan a la calma y el reposo mental.

Paralelamente, la contemplación de entornos naturales (jardines, campos o bosques) favorece la concentración. Desenvolverse en la naturaleza requiere un menor esfuerzo cognitivo, pudiendo así favorecerse tareas cognitivas complejas (Berman, Jonides y Kaplan, 2008). Una estrategia interesante sería naturalizar los ámbitos exteriores de las escuelas y poder activarlos como espacios formativos. Otros estudios concluyeron que, al contemplar elementos naturales desde las ventanas del aula, los estudiantes mostraban un notable rendimiento, frente a otros que sólo observaban escenarios urbanos (Tanner, 2009). Otras investigaciones indican que el contacto regular con espacios verdes puede mejorar la atención y el autocontrol en alumnos con trastornos de aprendizaje y/o por déficit de atención e hiperactividad (TDAH) (Taylor y Kuo, 2011; Collado y Staats, 2016).

El vínculo entre arquitectura y naturaleza se produce en clave estética, lo que se constata ya en la tradición romana, donde Vitruvio defendía en su tratado *“De architectura”*: “La armonía se consigue sólo cuando se logran las proporciones correctas en todo el edificio. Por eso Vitruvio consideraba que habían surgido de la naturaleza” (Hearn, 2003, p. 161). Expresado con otras palabras, al percibir la armonía formal que caracteriza a la naturaleza, se activan sentimientos de bienestar, puesto que se produce una identificación psicológica/formal. Y ello refuerza la motivación para el aprendizaje.

El espacio es, pues, un elemento facilitador del aprendizaje, y los elementos arquitectónicos deben armonizarse con el proyecto didáctico de la institución.

### **Espacio y relaciones interpersonales**

En el diseño natural del cerebro interviene su componente social. Los seres humanos son seres relacionales por naturaleza; han evolucionado y sobrevivido gracias a su capacidad de comunicarse y cooperar entre ellos. Pues si están diseñados para convivir y sobrevivir, también lo están para aprender grupalmente, y no de forma individual. Varios estudios han cotejado que, cuando las personas interactúan, el cerebro libera ciertas moléculas neuro-moduladoras como la oxitocina o las endorfinas, favorecedoras del aprendizaje y la consolidación de la memoria (Guastella *et al.* 2008; Meyer-Lindenberg *et al.* 2011; Sylwester, 1994; Wirth, 2015). Otros estudios de resonancia magnética cerebral demuestran que, en situaciones de cooperación, se activa el sistema de recompensa del cerebro, asociado a la motivación y a la sensación de gratificación, promoviendo un mayor altruismo (Rilling *et al.* 2002). Puede, pues, asegurarse que el entorno, las experiencias, y las relaciones interpersonales son elementos que influyen directamente en la formación de las conexiones neuronales. Si el espacio en general (y, más aún, desde su cualidad “didáctica”, como se explicará más adelante) es un elemento que puede modular las relaciones entre alumnos, profesores y familias, también favorece el desarrollo de relaciones más constructivas con los elementos del entorno.

Una de las capacidades innatas y automáticas que sitúa al género humano a la cabeza de las especies constructoras de sociedades es la empatía: se trata de la capacidad para interpretar, experimentar y representar mentalmente los estados emocionales de los demás. Entre las bases neurobiológicas de la empatía están las denominadas “neuronas espejo”, descubiertas por Rizzolatti *et al.* (1996), las cuales se activan al detectar que alguien realiza una acción intencionada, de la misma manera que se activan cuando la acción la realiza la primera persona. Estas “neuronas espejo” participan en la comprensión de intención de los demás, en un proceso conocido como “Teoría de la Mente” (Frith y Frith, 2006). Así, en materia educativa hay que considerar qué tipo de relaciones y vínculos se establecen en el aula y cómo se desarrolla la comunicación. El cerebro humano juzga la expresión facial, el lenguaje corporal y el tono de voz de los otros rápida e inconscientemente, y esta información influye en el procesamiento de la información; la seguridad que transmite un interlocutor y su entusiasmo por enseñar influyen de forma directa en la motivación y el aprendizaje del alumno (Patrick, Hisley y Kempler, 2000).

La naturaleza social de la formación implica que los profesores deberían estructurar en el aula actividades que estimulen las interacciones sociales entre estudiantes, fomentando el importante trabajo cooperativo (Rué, 1991). Si se aprende más eficientemente en situaciones de interacción cerebral entre alumnos, hay que abandonar el vetusto formato de interacción individual con un libro, apostando por prácticas pedagógicas donde los estudiantes aprendan interactuando entre ellos y con otros miembros de la comunidad de forma espontánea. Ello requiere asimismo una organización del aula que facilite el positivo roce casual entre compañeros, alejándose de la tradicional disposición rígida del mobiliario. Una distribución clásica de las mesas en filas y columnas implica que el profesor establezca un rol dominante, donde él dispone del conocimiento y es quien lo transmite al colectivo, generándose una predisposición pasiva no deseable en los alumnos. Estudios recientes de neurociencia cognitiva y educación animan a utilizar estrategias de aprendizaje activas y autodirigidas, como el aprendizaje basado en problemas y/o proyectos o la clase invertida, entre otras metodologías de aprendizaje-acción (McBride y Drake, 2016; DeRuisseau, 2016; Martin y Murtagh, 2017). Un papel activo en la búsqueda de conocimientos puede garantizar un aprendizaje más real, significativo y duradero (Park y Choi, 2014). Aprender es una función ineludible y placentera por naturaleza; por ello la curiosidad, el interés, y la motivación deben ser objetivos prioritarios en el diseño de la experiencia didáctica.

### **Espacio físico y metodología pedagógica**

Tras analizar cómo los diferentes elementos arquitectónicos modulan el aprendizaje, cabe mencionar que la función que se asigne al espacio posibilitará o impedirá la introducción de metodologías pedagógicas. Así, el ámbito construido podrá ser un promotor o un elemento disyuntor del aprendizaje. Transformar el lugar físico no se limita a trasladar o derribar tabiques, sino reflexionar sobre qué tipo de procesos



cognitivos, emociones y relaciones se quieren promover, y reorganizar el espacio en función de dicha finalidad.

Como requisito previo al engarce entre usos y espacios, deben analizarse: propuestas pedagógicas, objetivos de aprendizaje múltiples, y un elenco de relaciones interpersonales. El espacio deberá ser dúctil, polivalente y adaptable, si pretende acompañar coherentemente al proceso educativo. La transformación del aula es una piedra angular de la innovación docente, uno de cuyos argumentos es desplazar el foco de atención desde el profesor (y los vetustos procedimientos) hacia los alumnos (y los renovados procesos de aprendizaje); tal orientación obliga a un cambio en el uso del espacio. Las reorganizaciones del aula, del edificio docente y del recinto en su conjunto, pueden convertirse en estímulo para el desarrollo personal y el aprendizaje. La génesis e intercambio de ideas es más satisfactoria cuando se realiza en un clima psicológicamente distendido y seguro (De la Torre y Violant, 2006).

Si el espacio es flexible, transformable y está vinculado al proceso educativo, facilitará la interacción social, la cooperación formativa y la atención activa de los alumnos. Cualquier cambio novedoso despierta la curiosidad y, con ella, la motivación para el aprendizaje; ello está íntimamente relacionado con los procesos cognitivos, y con la consolidación de la memoria y la plasticidad neural que la sustenta (Figura 1).



Figura 1. Edificio Miralles, Universidad de Vigo, España.

### **La contribución activa del espacio físico para el aprendizaje en la universidad: el “Campus Didáctico” como herramienta de innovación neuroarquitectónica**

Expuestos los argumentos esenciales que engarzan neurociencia, arquitectura y aprendizaje, debe incidirse en una consideración ya esbozada anteriormente: el papel activo del espacio físico como factor educativo. Tanto investigaciones como proyectos universitarios recientes (Campos, 2010), se han ocupado de generar una herramienta conceptual para optimizar el vínculo arquitectura-aprendizaje en la universidad: el “Campus Didáctico”. Este emergente instrumento teórico-práctico puede colaborar en la estimulación de los procesos cognitivos, mediante la aportación de un entorno cualificado diseñado intencionadamente. Enunciado en Campos (2005) con el diseño del nuevo recinto de Villamayor de la Universidad de Salamanca, se ha aplicado

para acometer la génesis o transformación cualitativa de diversos proyectos (Campos, 2018a). Sus principios constituyentes han sido difundidos y continúan investigándose, pero la orientación del presente texto recomienda subrayar su seña de identidad: la arquitectura que alberga procesos cognitivos debe transmitir en sí misma valores formativos; una faceta extrapolable a otras funciones (Purini, 1984). En virtud de tal rasgo “didáctico”, todo recinto universitario debe construir un ambiente susceptible de ser percibido y disfrutado por los usuarios, de un modo calificable como “meta-enseñanza”; la arquitectura de la universidad puede contribuir al enriquecimiento curricular del estudiante, e incrementar su gozo por aprender; esto último se refuerza por el positivo impacto del espacio físico en el desarrollo cognitivo, social y emocional, al hilo de las pautas que aporta la neurociencia.

Expuesto el fundamento del “Campus Didáctico”, procede subrayar alguno de sus 18 principios, al estar en sintonía con el ámbito de la neurociencia:

- Cristalización de una comunidad vivencial de aprendizaje e investigación. Como se ha avanzado, el comportamiento neuronal en el aprendizaje sugiere que cuando se realiza grupalmente, se desencadenan reacciones cerebrales que refuerzan la cantidad y calidad de lo asimilable.
- Consecución de una dimensión estética de orden urbanístico-arquitectónico. Ante la estimulación generada por la belleza de objetos y espacios deseables, la mente humana reacciona positivamente (Zeki, 2013). Los espacios libres y piezas arquitectónicas de un recinto universitario componen un contexto formal, cromático y de texturas capaz de aportar una dosis de estética contemplativa que incremente la formación.
- Incorporación de ámbitos de escala humana. Los espacios universitarios pueden configurar una suerte de “envoltura espacial”, en clave de metáfora construida de la paralela “envoltura” intelectual y humana que debe proporcionar la institución; algunos autores han incidido en este enlace metafórico entre la arquitectura del campus y el seno materno (Painter, 2003) (Figura 2).



Figura 2. Clark Center, Universidad de Stanford, EE.UU.



- Integración y promoción del arte. Un recinto dedicado a la educación superior es un extraordinario escenario para el arte, para aportar excelencia perceptiva. Su primera manifestación es la propia arquitectura, asumible como arte espacial (Zumthor, 2006). El arte, en sus múltiples manifestaciones, debiera integrarse como ingrediente fundamental, pues es capaz de estimular creatividad en los alumnos, tanto por ser un producto cultural, como por aportar un inigualable contenido curricular. La riqueza formativa que de ello se deriva pone de realce el interés de establecer trasvases entre ámbitos de conocimiento; traspasar los límites entre dominios es fuente de creatividad, pues ésta: “...no ocurre dentro de las cabezas de la gente, sino en la interacción entre los pensamientos de una persona y un contexto sociocultural” (Csíkszentmihály, 1996, p.23).
- Partiendo de dicha faceta de motivación mental y emocional, el arte ha de ser un músculo de formación transversal en la universidad. Los procesos cognitivos subyacentes al pensamiento creativo son funciones ejecutivas del cerebro, cuyo lóbulo frontal se encarga de las tareas cognitivas más complejas, permitiendo el control conductual necesario para planificar y tomar decisiones (Diamond, 2013). Asumiendo su rol como registro del acuerdo entre razón y sensibilidad, una universidad que fomente el arte promoverá mayor bienestar mental en sus usuarios, e incrementará su potencial de proyectarse al futuro como ciudadanos nutridos por las vitaminas de una sólida formación (Liuti y Schippa, 2012).
- Activación de espacios para la incorporación de modalidades innovadoras de Enseñanza/Aprendizaje. La coyuntura universitaria actual, marcada por el Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), obliga a indagar en nuevas formas de aprendizaje, coherentes con el cambio de paradigma educativo (Sancho, 2010). En semejante escenario de transformación cualitativa, el espacio físico es un factor insustituible. La multiplicidad de estrategias pedagógicas innovadoras debe acompañarse de un conjunto igualmente creativo de ámbitos construidos, de forma que se abandone el aula convencional como único formato (De la Torre, 2008).

### **3. Innovación espacial y pedagogía en la enseñanza de la arquitectura: la incorporación de la neurociencia educativa**

Tras sintetizar el concepto de “*Campus Didáctico*” y sus principales aportaciones al vínculo entre percepción, aprendizaje y arquitectura, se abordan seguidamente cuestiones relacionadas con la neurociencia educativa, ilustrándola con su aplicación en prácticas innovadoras (enseñanza de la arquitectura).

#### **En torno a la neurociencia educativa**

La neurociencia educativa es una nueva disciplina que nace de la interacción entre tres ámbitos de conocimiento diferentes: las neurociencias, la psicología y la educación (Carballo y Portero-Tresserra, 2018). Originalmente, el concepto fue descrito como “Neurodidáctica” por parte de Friedrich y Preiss, para integrar estos conocimientos sobre cómo funciona y aprende el cerebro con el objetivo de mejorar la práctica de aula y optimizar así el aprendizaje.

El cerebro, como órgano extremadamente plástico, cambia su estructura y funcionamiento constantemente a partir de la experiencia, para garantizar la adaptación del individuo a un entorno también cambiante. Los procesos asociados a la plasticidad cerebral son la base biológica del aprendizaje y la memoria, presentes durante todo el ciclo vital (Morgado, 2014). Así, la combinación entre neurociencia y pedagogía pretende una mayor integración del estudio del desarrollo neurocognitivo en las ciencias de la educación, partiendo de la idea de que conocer cómo aprende y cómo funciona el cerebro podría mejorar el aprendizaje (Portero-Tresserra y Carballo, 2017).

Sin embargo, la adopción del término “neurociencia educativa” es muy reciente y los estudios disponibles han sido básicamente realizados en contextos de laboratorio, con una carencia importante de investigaciones en entornos de aprendizaje. La neurociencia educativa parece proyectar un prometedor escenario de mejora

pedagógica, pero es un campo nuevo de investigación que aún tiene mucho camino por recorrer antes de poder establecer conexiones sólidas entre las disciplinas que la conforman (Portero-Tresserra, 2018). Por ello, es comprensible un cierto escepticismo en científicos y pedagogos sobre las aportaciones reales de la neurociencia al diseño de prácticas pedagógicas específicas, como acerca de la aparición de “neuromitos”, fruto de una simplificación o mala interpretación de algunos datos científicos sobre las dinámicas cerebrales entre maestros y docentes. Complementariamente, para desarrollar esta disciplina es prioritario crear trabajos multidisciplinares que aporten rigor y confirmación experimental a las hipótesis.

Los seres humanos disponen de una mente diseñada para aprender a lo largo de toda la vida; fruto de la evolución, tienen el cerebro más plástico y más adaptable de entre todos los seres vivos, lo que les capacita para un aprendizaje incomparable. Aprender es inevitable; por ello, debiera aprovecharse esta plasticidad para ofrecer experiencias significativas que lo estimulen. El interés por explorar, descubrir o cuestionarse la realidad es una actitud inherente a las personas, que son curiosas por naturaleza, y esta curiosidad dinamiza el aprendizaje. Así, desde la educación deben valorarse las motivaciones intrínsecas de los estudiantes, así como provocar su interés, utilizando ese motor como guía para el descubrimiento formativo. También procede presentar los contenidos teóricos mediante metodologías y recursos que susciten atracción, favoreciendo la implicación de los alumnos en las tareas, pues el cerebro está diseñado para aprender activa y no pasivamente.

### **El goce de aprender**

El aprendizaje es placentero en sí mismo, y los alumnos deben vivir experiencias formativas emocionalmente positivas (Portero-Tresserra y Bueno, 2018). En este sentido, es pertinente introducir el concepto de “*diversión*” en el ámbito universitario, ya que constituye un detonador de motivaciones mentales para aprender. En su origen etimológico, “*divertere*” remite a “*dar giro en dirección opuesta*”. Como derivada conceptual, puede defenderse una suerte de “*diversión espacial*”, insertando lugares donde el alumno pueda gozar realizando actividades que abran su mente y su cuerpo a experiencias alternativas a la docencia convencional; dichos “*giros*”, que combaten la rutina (verdadera enemiga de la creatividad y el aprendizaje), se canalizarían dentro de la esfera personal (corporal y mental).

En estas dinámicas de cambio positivo, deben incluirse la naturaleza y el arte, que emergen en el paisaje como hitos que propician un estimulante “*diálogo visual*” con el alumno, despertando reflexiones y alimentando esa “*diversión*”, que enriquece la cotidianeidad del universitario. Y el mobiliario, capaz asimismo de provocar dichos “*giros*”; hay muebles que aportan ámbitos de intimidad, recogimiento o abstracción, como es el caso de los arquetípicos elementos de “*nido*” y “*nicho*”, entre el repertorio de ámbitos cargados de gran flexibilidad e informalidad que ya están siendo aplicados en innumerables centros docentes (Hertzberger, 2008) (Figura 3).



Figura 3. ETSAM, Universidad Politécnica de Madrid, España.

Por ello, cuando los espacios universitarios se salpican de elementos provocadores de tales “giros”, se activan respuestas neuronales que estimulan el afán por aprender. De hecho, la neurociencia ha demostrado que uno de los factores que fomentan el aprendizaje es que quien aprende detecte una discrepancia o cierto grado de sorpresa entre lo que espera que ocurra y lo que realmente obtiene. Esta diferencia entre lo esperado y lo que realmente sucede recibe el nombre de “*error de predicción*” y cuanto mayor y más positivo sea el desfase, más cantidad del neurotransmisor dopamina liberarán neuronas del sustrato neural de la recompensa (Waelti *et al.* 2001) y mayor será la sensación de “*diversión*”.

### **Prácticas pedagógicas de innovación docente en la universidad y su justificación desde una perspectiva neurocientífica**

La “*diversión*” en la universidad puede canalizarse mediante elementos espaciales, como se ha expuesto antes; pero también con la implantación de modalidades innovadoras de Enseñanza/Aprendizaje (como recoge uno de los principios del “*Campus Didáctico*”). El objetivo básico de estas dinámicas es incrementar la implicación positiva del alumno, estimulando cerebral y afectivamente sus respuestas positivas, en consonancia con los rasgos referidos a las aportaciones de la neurociencia cognitiva. Seguidamente, se resume una de estas estrategias de “*diversión*” que desde 2008 se lleva cabo en la titulación de arquitectura de la Universidad CEU-San Pablo, dentro de las asignaturas del área de Composición Arquitectónica. Constituye una apuesta por la creatividad transversal, que enlaza arquitectura y música (Campos, 2014). Es este un asunto que ha sido objeto de interesantes trabajos de investigación, donde se indagaba en el modo en que el objeto arquitectónico, cuando accede al imaginario mental, adquiere paulatinamente rasgos de la fluidez inherente a la melodía musical (Wilbur, 2010). Los objetivos específicos se centraron en fomentar la comprensión general de las artes, para despertar la creatividad del futuro arquitecto, estableciendo paralelismos compositivos entre arquitectura y música: Espacio / sonido; color y textura / intensidad sonora; materiales constructivos / instrumento; percepción visual / percepción acústica; plano / partitura; y, finalmente, una analogía entre el itinerario físico-secuencial y el itinerario sonoro. La aplicación práctica consistía en que algunos alumnos interpretaban al piano una melodía de elaboración propia, que debía inspirarse en las pautas morfológicas de una obra arquitectónica, previamente explicada. De esta forma, los estudiantes interiorizaban los rasgos compositivos de la arquitectura a través de la música, aplicando en la praxis pautas inherentes a la neurociencia y al “*Campus*

*Didáctico”.*

Otra de las experiencias realizadas en la misma titulación de arquitectura para optimizar la enseñanza y lograr una mayor motivación del alumnado, fue la incursión en otras áreas de conocimiento. Tal fue el caso del cine, un ámbito temático sobre el que existe una considerable documentación (Gorostiza, 1990; Ramírez, 1993; Sánchez, 2006), pero no así una utilización creativa como estímulo de ideación arquitectónica. Las anteriores publicaciones, entre otras, sirvieron de base para plantear un ejercicio que estimulase la “*diversión creativa*”, aplicada tanto a “espacios didácticos” como a la esfera de la neurociencia. El sustrato teórico era la existencia de sinergias entre ambas expresiones artísticas (arquitectura y cine), por responder a ideales estéticos, deudores de determinado estilo, escuela o tendencia. En paralelo, la arquitectura es un objeto de narración e interpretación para el cine, y éste es un campo de prueba para visiones arquitectónicas innovadoras. Más específicamente, las analogías entre arquitectura y cine pueden formularse en algunas dualidades compositivas: espacio real / espacio narrado; material constructivo/ soporte cinematográfico; percepción visual real / percepción visual y acústica indirecta; experiencia fenomenológica / experiencia audiovisual. La traducción metodológica de toda esta energía transversal fue la realización de una serie de “lecturas cinematográficas” de algunos edificios, en formato de video-arte, resultando documentales audiovisuales.

Además, se planteó una fórmula operativa para estimular en clave neurocientífica la creatividad: se formaron grupos mixtos, entre alumnos de arquitectura (de la asignatura “Fundamentos teóricos del arte”) y alumnos de comunicación (de la asignatura “Narrativa Audiovisual II”). De esta forma, se obtenía el beneficio añadido de la colaboración inter facultativa, que permitía excitar la imaginación grupal apoyándose en las diferentes visiones, nacidas de áreas de conocimiento aparentemente inconexas, pero finalmente aunables. El alumno de arquitectura aprendió, desde la narrativa audiovisual, a percibir y expresar matices del edificio, su dimensión estética, textura y forma. El fin perseguido en esta experiencia fue la motivación del estudiante, para romper la no deseable rutina de pedagogías vetustas, y abrir horizontes mentales desde la “*diversión*” y la interacción cognitiva.

Estas prácticas de innovación docente (que vinculan arquitectura, música y cine), se fundamentan en el potencial de las diversas disciplinas artísticas como inductoras de creatividades transversales (Winner, *et al.* 2013).

#### **4. Conclusiones finales**

La función principal del cerebro es ser capaz de adaptarse a un entorno continuamente cambiante. Su facultad para amortiguar estos cambios ambientales remite así a la capacidad de aprendizaje, estando diseñado para hacerlo a lo largo de toda la vida. Cuando se aprende, se producen cambios estructurales y funcionales en las conexiones neuronales, se forman nuevas conexiones que albergan el conocimiento, o se fortalecen e incluso desaparecen muchas de las existentes. Son procesos de alteración que en conjunto se catalogan como “neuroplasticidad”. Por ello, el conocimiento de cómo aprende y cómo funciona el cerebro puede servir de guía para fomentar y desarrollar estrategias de enseñanza en la esfera educativa.

Asumir que el espacio físico es un factor que modula el aprendizaje equivale a respetar los códigos biológicos de cómo el cerebro ha funcionado para aprender durante millones de años. Un aprendizaje duradero es el que resulta útil para el individuo y que, por tanto, se encuentra integrado y asociado con los diferentes elementos del ambiente y las distintas actividades del momento. De este modo, el entorno construido donde surge el hecho formativo ha de asumirse bajo un prisma holístico, pues en él convergen los distintos actores: profesores, alumnos, espacio edificado y mobiliario, en un ensamblaje que debe estar regido por la coherencia y la integración ordenada.

Por consiguiente, la creación de un “*Campus Didáctico*” en el ámbito universitario es una acción de compromiso espacial que integra los hallazgos en neurociencia cognitiva e innovación educativa, cristalizando en el desarrollo de un ámbito construido, una entidad “neuro-arquitectónica” que promueve el aprendizaje y el bienestar de sus usuarios. En aportaciones recientes, se ha investigado asimismo en la aplicación práctica de las virtudes inherentes a esta faceta “pedagógica” de la Arquitectura tanto en la esfera universitaria como en la escolar (Campos, 2018b). Una de las propiedades que, al hilo de todo ello, debe asumirse es que el espacio físico no solamente desempeña una labor como contenedor de las dinámicas cognitivas, sino que está llamado a inducir comportamientos en los actores de los procesos de Enseñanza/Aprendizaje (Figura 4).



*Figura 4. Sala Tàpies, Universitat Pompeu Fabra, España.*

Finalmente, las propuestas presentadas de innovación educativa basadas en los avances en neurociencia son significativas en la enseñanza de la arquitectura, pero se concluye que podrían ser extrapoladas para enriquecer procesos formativos en otras disciplinas del conocimiento; algo especialmente necesario en el ámbito universitario actual, donde todavía no han frugado los progresos formativos derivados de las disciplinas innovadoras. Asociándose a la dimensión física, la integración de la neurociencia con la educación puede facilitar el diseño de nuevos modelos innovadores de aprendizaje, reemplazando las propuestas tradicionales, y formulándose en clave “neuro-arquitectónica”.

## Referencias Bibliográficas

- Berman, M. G., Jonides, J., & Kaplan, S. (2008). The cognitive benefits of interacting with nature. *Psychological Science*, 19(12):1207–12.
- Campos Calvo-Sotelo, P. (2005). The University of Salamanca's new campus. PEB-Exchange. Programme on Educational Building, OECD Publishing.
- Campos Calvo-Sotelo, P. (2010). The concept of Educational Campus and its applications in Spanish Universities. *Revista CELE-Exchange-OCDE*, (8), 1-6.
- Campos Calvo-Sotelo, P. (2014). Experiencias innovadoras de aprendizaje sobre Composición arquitectónica, apoyadas en la Música: espacios, sonidos y cajas de resonancia. *Revista Iberoamericana de Educación Superior-RIES*, 5(14), 79-98.
- Campos, P. (2018a). The spatial-experiential archetype of the "quad": project design interpretations in new campuses. *Space and Culture*. SAGE publications 2018/10/01. <https://doi.org/10.1177/1206331218797555>
- Campos, P. (2018b). *Arquitectura, Urbanismo y Educación: hacia una dimensión didáctica del espacio*. Madrid: Fundación SM.
- Cao B., Ouyang Q., Zhu Y., Huang L., Hu H., & Deng G. (2012). Development of a multivariate regression model for overall satisfaction in public buildings based on field studies in Beijing and Shanghai. *Building Environment*, 47:394e9.
- Carballo, A., & Portero-Tresserra, M. (2018). *10 ideas clave Neurociencia y educación: Aportaciones para el aula* (Vol. 27). Barcelona: Grao.
- Cheryan, S., Ziegler, S. A., Plaut, V. C., & Meltzoff, A. N. (2014). Designing classrooms to maximize student achievement. *Policy Insights from the Behavioral and Brain Sciences*, 1(1):4-12.
- Collado, S., & Staats, H. (2016). Contact with Nature and Children's Restorative Experiences: An Eye to the Future. *Frontiers in Psychology*. 7, 1885.
- Csíkszentmihály, M. (1996). *Creativity. Flow and the psychology of discovery and invention*. New York: Harper Perennial
- Dance, A. (2017). Science and Culture: The brain within buildings. *PNAS*, 114, 785–787.
- De la Torre, S. (2008). Modelo Multidimensional de Análisis de Estrategias Didácticas. En *Estrategias didácticas en el aula. Buscando la calidad y la innovación* (pp.89-114). Madrid: UNED.
- De la Torre, S., & Violant, V. (2006). *Comprender y evaluar la creatividad*. Volumen I. Málaga. Ediciones Aljibe
- DeRuisseau, L. R. (2016). The flipped classroom allows for more class time devoted to critical thinking. *Advances in Physiology Education*, 40(4), 522–528.
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology*, 64:135–68.
- Edwards, L., & Torcellini, P. (2002). A literature review of the effects of natural light on building occupants. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory.



- Entwistle, N. J., & Peterson, E. R. (2004). Conceptions of learning and knowledge in higher education: Relationships with study behaviour and influences of learning environments. *International Journal of Educational Research*, 41(6), 407–428.
- Fisher, A.V., Godwin, K.E., & Seltman, H. (2014). Visual environment, attention allocation, and learning in young children: when too much of a good thing may be bad. *Psychological Science*, 25(7):1362-70.
- Frith, C. D., & Frith, U. (2006). The neural basis of mentalizing. *Neuron*, 50, 531-534.
- Gaines, K. S., & Curry, Z. D. (2011). The inclusive classroom: The effects of color on learning and behavior. *Journal of Family and Consumer Sciences Education*, 29(1):46-57.
- Gorostiza, J. (1990). *Cine y Arquitectura*. Universidad de Las Palmas.
- Guastella, A. J., Mitchell, P. B., & Mathews, F. (2008). Oxytocin enhances the encoding of positive social memories in humans. *Biological Psychiatry*, 64(3), 256-258.
- Haverinen-Shaughnessy, U., & Shaughnessy, R. J. (2015). Effects of Classroom Ventilation Rate and Temperature on Students' Test Scores. *Public Library of Science*, 10(8): e0136165.
- Hearn, F. (2003). *Ideas that shaped buildings*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Heller, E. (2004). *Psicología del color. Cómo actúan los colores sobre los sentimientos y la razón*. Barcelona: Gustavo Gili.
- Hertzberger, H. (2008). *Space and Learning*. Rotterdam: 010 Publishers.
- Jarrett, C. (2006). Is there a psychologist in the building? En *The Psychologist*, vol. 19 (10): 592-594.
- Klatte, M., Bergstroem, K., & Lachmann, T. (2013). Does noise affect learning? A short review on noise effects on cognitive performance in children. *Frontiers in Psychology*, 4:1-6.
- Lippman, P. (2010). *Evidence-Based Design of Elementary and Secondary Schools*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Liuti, S., & Schippa, A. (2012). Creative vitamins: Arts and creativity pathways to enhance professional identity. Actas del Congreso "The Future of Education". Florencia, Italia. Pixel, pp.70-75.
- Martin, R., & Murtagh, E. M. (2017). Effect of Active Lessons on Physical Activity, Academic, and Health Outcomes: A Systematic Review. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 1–20.
- McBride, J. M., & Drake, R. L. (2016). Longitudinal cohort study on medical student retention of anatomical knowledge in an integrated problem-based learning curriculum. *Medical Teacher*, 38(12), 1209–1213.
- Meyer-Lindenberg, A., Domes, G., Kirsch, P., & Heinrichs, M. (2011). Oxytocin and vasopressin in the human brain: social neuropeptides for translational medicine. *Nature Reviews Neuroscience*, 12, 524-538.
- Mora, F. (2013). *Neuroeducación: solo se puede aprender aquello que se ama*. Madrid: Alianza.
- Morgado, I. (2012). *Como percibimos el mundo: una exploración de la mente y los sentidos*. Barcelona: Ariel.

- Morgado, I. (2014). *Aprender, recordar y olvidar. Claves cerebrales de la memoria y la educación*. Barcelona: Ariel.
- Painter, S. (2003). Neuro-biology, Species Survival and Campus Spatial Archetypes, conferencia pronunciada en el *Congreso de la Society for College and University Planning-SCUP*, EE.UU. Julio 2003.
- Papale, P., Chiesi, L., Rampinini, A. C., Pietrini, P., & Ricciardi, E. (2016). When Neuroscience “Touches” Architecture: From Hapticity to a Supramodal Functioning of the Human Brain. *Frontiers in Psychology*, 7, 866.
- Park, E.L., & Choi, B.K. (2014). Transformation of classroom spaces: traditional versus active learning classroom in colleges. *Higher Education*, 68: 749.
- Patrick, B. C., Hisley, J., & Kempler, T. (2000). What’s Everybody So Excited About?: The Effects of Teacher Enthusiasm on Student Intrinsic Motivation and Vitality. *The Journal of Experimental Education*, 68(3), 217-236.
- Portero-Tresserra, M., & Carballo, A. (2017). Neuroeducació: aportacions de la neurociència als plantejaments educatius. *Revista Catalana de Pedagogia*, 11, 17-55.
- Portero-Tresserra, M. (2018). Tendiendo puentes entre la neurociencia y la innovación educativa. *Aula de innovación educativa*, 271, 35-39.
- Portero-Tresserra, M., & Bueno, D. (2018). El placer de aprender. *Aula de Innovación Educativa*, 275, 18-22.
- Purini, F. (1984). *La Arquitectura didáctica*. Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos técnicos de Murcia. Versión original: Casa del libro Editrice, 1980.
- Ramírez, J.A. (1993). *La Arquitectura en el cine*. Madrid: Alianza Forma.
- Rasmussen, S. E. (1974). *Experiencia de la Arquitectura*. Barcelona: Labor.
- Rilling, J., Gutman, D., Zeh, T., Pagnoni, G., Berns, G., & Kilts, C. (2002). A neural basis for social cooperation. *Neuron*, 35(2), 395–405.
- Rizzolatti, G., Fadiga, L., Gallese, V., & Fogassi, L. (1996). Premotor cortex and the recognition of motor actions. *Cognitive Brain Research*, 3(2), 131-141.
- Rué, J. (1991). *El treball cooperatiu*. Barcelona: Barcanova.
- Sánchez Noriega, J.L. (2006). *Historia del Cine*. Madrid: Alianza Editorial.
- Sancho, J. M. (2010). Innovación, cambio y mejora en la enseñanza universitaria. Lo que añaden y lo que ocultan las TIC. En Paredes, Joaquín, De la Herrán, Agustín, *Cómo enseñar en el aula universitaria* (pp.161-170). Madrid: Ediciones Pirámide.
- Santos Guerra, M. A. (1993). Espacios escolares. *Cuadernos de pedagogía*, 217: 55-59.
- Schafer, M. (1993). *The Soundscape*, Rochester, VT, Destiny Books.
- Schelle, K. G. (2013). El arte de pasear. En López-Silvestre, F. *El mundo a tres kilómetros por hora*. Madrid: Díaz & Pons.
- Sylwester, R. (1994). How emotions affect learning. *Educational Leadership*, 52(2), 60-

Sousa, D.A. (2014). *Neurociencia educativa. Mente, cerebro y educación*. Madrid: Narcea.

Tanner, C. K. (2009). Effects of school design on student outcomes. *Journal of Educational Administration*, 47(3), 381-399.

Taylor, A., & Kuo, F.E. (2011). Could Exposure to Everyday Green Spaces Help Treat ADHD? Evidence from Children's Play Settings. *Appl. Psychol. Heal. Well-Being*, 3, 281-303.

Vanderplas, J. (1970). Perception and learning. En Marx, M. H. (Eds.) *Learning: Interactions*. Toronto: Macmillan.

Waelti, P.; Dickinson, A.; & Schultz, W. (2001). Dopamine responses comply with basic assumptions of formal learning theory, *Nature*, 412.

Wilbur, B. (2010). *Towards a General Theory of Mind: An Inspired Exploration of Music and Architecture*.

Winner, E., Goldstein, T. & Vincent-Lancrin, S. (2013). *Art for Art's Sake? The Impact of Arts Education*. París: Centre for Educational Research and Innovation-CERI-OCDE

Wirth, M. M. (2015). Hormones, stress, and cognition: The effects of glucocorticoids and oxytocin on memory. *Adaptive Human Behavior and Physiology*, 1(2), 177-201.

Zeisel, J. Silverstein, N., Hyde, J. et al. (2003). Environmental correlates to behavioral outcomes in Alzheimer's special care units. *The Gerontologist*, 43, 697-711.

Zeki, S. (2013). Clive Bell's "Significant Form" and the neurobiology of aesthetics. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7.

Zumthor, P. (2006). *Atmósferas*. Barcelona: Gustavo Gili.

**Fecha de recepción: 26/4/2018**

**Fecha de aceptación: 7/12/2018**