NEUROERGONOMÍA

Neuroarquitectura aplicada a espacios educativos

Águeda Fuentes-Guerra Toral

Unidad Didáctica de Neuroergonomía
Máster en Neurociencia Cognitiva y del Comportamiento
Universidad de Granada

RESUMEN

El entorno que nos rodea juega un papel clave en nuestro aprendizaje. Sin embargo, a pesar de las continuas mejoras que se implementan en el sistema educativo, los espacios educativos reciben poca atención. La neuroarquitectura estudia la influencia que ejerce la arquitectura sobre nuestro cerebro, cognición, emociones y comportamientos. Por lo tanto, el objetivo de este artículo es mostrar cómo el diseño arquitectónico puede jugar un papel esencial en los espacios educativos, fomentando el aprendizaje y bienestar de los y las estudiantes. Sobre todo, se enfatiza la gran importancia de la implementación de características biofílicas (conexión con la naturaleza) en los ambientes educativos. Además, se presentan las medidas utilizadas en este tipo de investigaciones y las ventajas del uso de la realidad virtual en neuroarquitectura.

Palabras clave: altura del techo, aprendizaje, arquitectura, aulas, bienestar, biofilia, colores fríos, contornos curvilíneos, córtex cingulado anterior (ACC), educación, emoción, espacios educativos, estética, estrés, luz, naturaleza, neuroarquitectura, realidad virtual, registro de movimientos oculares, sistema nervioso autónomo, sobreestimulación, *teoría de restauración de la atención* (ART), zonas verdes.

Índice

1. Introducción
2. Metodología
    2.1. Medidas subjetivas
    2.2. Medidas fisiológicas
    2.3. Medidas comportamentales
    2.4. Realidad virtual, más allá de los estímulos 2D
3. Resultados
    3.1. Diseño y características arquitectónicas
    3.2. Biofilia y neuroarquitectura
4. Diseño ideal de un espacio educativo
5. Conclusiones
6. Reflexión personal
Referencias
Biografía de la autora

1. Introducción

En las últimas décadas el sistema educativo ha integrado mejoras que se pueden apreciar en todos los niveles educativos (educación infantil, educación primaria, educación secundaria, grado y posgrado). Algunas de las más relevantes son la inclusión de nuevos métodos pedagógicos, así como nuevas dinámicas de grupo, contenidos innovadores y, sobre todo, la implementación de las nuevas tecnologías como herramienta de trabajo tanto para alumnos/as como para profesores/as. Sin embargo, los edificios donde se lleva a cabo el aprendizaje, donde el estudiantado pasa gran parte de su vida, no han sido partícipes de esta transformación.

Los humanos interaccionamos con nuestro entorno a través de los sentidos. Gracias a ellos, y a la información elaborada a partir de nuestra experiencia previa, creamos una percepción subjetiva del entorno que nos rodea. Esta puede verse afectada por factores atencionales, emociones y/o recuerdos (Portero y Campos, 2018). En el ámbito educativo es importante resaltar el papel de la percepción en el aprendizaje. Para que cierta información se asimile, es necesario que previamente se haya percibido y procesado de manera adecuada. Consecuentemente, los elementos que conforman el espacio físico y psicológico donde se encuentra el o la estudiante juegan un papel clave en el desarrollo de su aprendizaje (Portero y Campos, 2018). En la misma línea, los espacios físicos, en este caso los espacios educativos, suelen ser el medio principal para el aprendizaje (Tanner, 2000). Es más, Portero y Campos (2018) señalan como, teniendo en cuenta que el cerebro se considera un órgano plástico, el entorno puede ser un agente de cambio en el sistema nervioso y, consecuentemente, es capaz de alterar actitudes y cogniciones.

Por tanto, es necesario plantear la incongruencia que supone implementar nuevas formas de enseñar y aprender sin darle la importancia que merece al espacio físico donde se desarrolla el aprendizaje. Es por eso que la arquitectura debería asegurarse de que los espacios arquitectónicos educativos no solo sean relativamente funcionales, sino que también provoquen percepciones agradables en el ser humano, que motiven a los alumnos/as y finalmente que estimulen sus múltiples inteligencias (Montiel, 2018).

Con el objetivo de proporcionar evidencia científica sobre la influencia de la arquitectura en las cogniciones, emociones y comportamientos humanos, surge una disciplina relativamente nueva llamada *neuroarquitectura*. Esta pretende aportar conocimiento biológico al diseño de espacios arquitectónicos (Coburn et al., 2017).

La finalidad de este trabajo es contrastar las diversas aportaciones científicas que nos brinda la neuroarquitectura en relación con los espacios educativos. En primer lugar, se realiza un recorrido por la metodología utilizada

en este campo y sus posibles limitaciones. Posteriormente, se presentan los resultados de una serie de investigaciones relacionadas con los efectos de los espacios arquitectónicos y sus características en las respuestas cognitivas, emocionales y comportamentales aplicadas a los entornos educativos, enfatizando la importancia de la implementación de elementos naturales en los espacios educativos. Se pretende poner en evidencia cómo una buena implementación del diseño arquitectónico en este tipo de espacios puede afectar de manera significativa a la experiencia educativa, mejorando el aprendizaje y el bienestar general de los y las estudiantes.

2. Metodología

Dado que la neuroarquitectura es una disciplina reciente, los métodos utilizados en su investigación aún requieren cierta mejora y especialización. Sin embargo, es un campo de investigación muy prometedor.

En cuanto a los diseños experimentales, las muestras de los estudios aquí revisados no suelen llegar a los 100 participantes, rondando generalmente los 30-40 participantes, que varían desde las etapas educativas básicas (educación primaria) a participantes mayormente cualificados (grado, posgrado).

En general, los estudios que evalúan características biofílicas tienden a utilizar diseños entre grupos. Sin embargo, los que se centran más en características intrínsecas de los edificios suelen ser intrasujeto.

2.1. Medidas subjetivas

Son las medidas con mayor facilidad de implementación en el ámbito educativo, puesto que solo requerirían la cumplimentación de ciertos cuestionarios en función de la experiencia subjetiva de cada alumno/a. Estos cuestionarios pueden evaluar:

- Juicios de belleza subjetivos (Vartanian et al., 2013)
- Juicios de acercamiento—alejamiento (Vartanian et al., 2013)

- Sensación subjetiva de atención (Portero y Campos, 2018)
- Evaluación de espacios en función de ciertas características arquitectónicas (Coburn et al., 2020)
- Evaluación del estado de salud subjetivo y de los niveles de estrés (Yin et al., 2019)
- Evaluación de la ansiedad (STAI), rumiación (RRQ), y afecto positivo y negativo (PANAS) (Bratman et al., 2015).
- Evaluación del sentimiento de conexión con la naturaleza (*Connectedness to Nature Scale*, CNS) (Bratman et al., 2015)

Sin embargo, la información que aportan las medidas subjetivas es limitada y conviene que sea complementada con medidas fisiológicas y comportamentales, desarrolladas a continuación.

2.2. Medidas fisiológicas

Las medidas fisiológicas suponen una herramienta muy útil para aportar una mayor objetividad a las medidas subjetivas. Un ejemplo muy utilizado en este ámbito son las variables indicadoras de niveles de estrés que, a través de la *activación del sistema nervioso autónomo (SNA) parasimpático*, sufren ciertos cambios (Yin et al., 2019):

- Presión sanguínea: se mide la presión sistólica y diastólica. Cuando los niveles de estrés son altos, se observan, asimismo, altos niveles de presión sanguínea.
- Frecuencia cardíaca: Ante niveles de estrés elevados aumenta la frecuencia cardíaca.
- Conductancia de la piel: se analizan las medidas de actividad termoeléctrica en las glándulas sudoríparas que se hayan bajo el sensor (estas también están controladas por el SNA). El nivel de sudoración aumenta ante estados de estrés.

Por otro lado, la resonancia magnética funcional (RMf) ha demostrado ser muy útil como herramienta complementaria para observar áreas cerebrales activadas durante determinadas tareas, como, por ejemplo, la valoración de imágenes de espacios arquitectónicos o los juicios de acercamiento y alejamiento (Vartanian et al., 2013).

2.3. Medidas comportamentales

En este caso se mide la ejecución o conducta de los individuos a través de diversas tareas:

- Medidas para evaluar el impacto del espacio natural sobre la cognición: *Operation Span Task* (OSPAN), *Change Detection Task*, *Attention Network Test* (ANT), *Backward Digit Span* (Bratman et al., 2015).
- Medida para evaluar el rendimiento académico: *Iowa Test of Basic Skills* (ITBS) (Tanner, 2000).

Finalmente, a través de la *técnica de seguimiento visual (o registro de movimientos oculares)* podemos evaluar la atención de los participantes cuando son expuestos a ciertos estímulos arquitectónicos. Se pueden diferenciar dos tipos de parámetros en esta medida: los movimientos sacádicos y las fijaciones del ojo (Yin et al., 2019).

2.4. Realidad virtual, más allá de los estímulos 2D

Tal y como se ha mencionado al principio de este apartado, hay ciertas limitaciones recurrentes en los estudios de neuroaquitectura. Una de ellas es la reducida validez ecológica, pues en la mayoría de experimentos iniciales de esta disciplina, los estímulos presentados solían tener formato 2D. Este hecho da pie a la siguiente cuestión: ¿Son, por tanto, aplicables a nuestra experiencia real con el entorno los resultados obtenidos en el laboratorio?

Sin embargo, hay una solución para esta limitación que se está implementando de manera exponencial en los experimentos de esta disciplina, esta es la herramienta de *realidad virtual*. Esta tecnología nos permite

manipular sistemáticamente características de los espacios interiores que no podrían manipularse de manera efectiva en el mundo real. Además, proporciona a los sujetos una mayor sensación de inmersión en el estímulo ambiental que los estímulos en dos dimensiones, como pueden ser imágenes, vídeos o dibujos. Es por lo tanto una herramienta que aporta un estímulo mucho más ecológico.

En conclusión, la implementación de realidad virtual junto con biomonitores, la técnica de seguimiento ocular y ciertas medidas subjetivas, en combinación, pueden dar lugar a resultados mucho más ricos y generalizables (Yin et al., 2019).

3. Resultados

3.1. Diseño y características arquitectónicas

En referencia a las características arquitectónicas, como por ejemplo, la *altura del techo*, Vartanian et al. (2015) encontraron que los participantes preferían las habitaciones con techos más altos frente a techos bajos, pudiendo relacionarse esto con la preferencia de una mayor posibilidad de visualizar el espacio. Además, los techos altos se asociaron con la activación de áreas asociadas con la atención visoespacial y la exploración, como el Precuneo Izquierdo y el Giro Frontal Medio Izquierdo. Matizando aún más, en el artículo de Anthes (2012) se menciona a Meyers-Levy (2007), autor que establece que los techos altos animan a pensar con mayor libertad, evocando los techos bajos una mayor sensación de confinamiento.

Por otro lado, Vartanian et al. (2013) en un estudio sobre respuestas estéticas ante características arquitectónicas, mostraron que los participantes tendían a evaluar como más bonitos los *espacios curvilíneos* frente a los rectilíneos. Además, se observó una activación del *Córtex Cingulado Anterior* (relacionado con el sistema de recompensa y con la prominencia emocional de los objetos) ante la visualización de este tipo de espacios.

Es importante no olvidar la influencia que tiene el *color* sobre la mente. Portero y Campos (2018) mencionan en su revisión un texto de Gaines y Curry (2011) en el que muestran la relación entre los espacios caracterizados por colores fríos (azul y verde) y un mayor bienestar (menor frecuencia cardíaca y menor temperatura corporal) y sensación subjetiva de atención, frente a los espacios con predominio de colores cálidos (rojo y naranja), que evocan un incremento en la presión sanguínea y en la frecuencia cardíaca.

En línea con las características estimulantes de los espacios arquitectónicos, es importante destacar que una *estimulación excesiva*, ya sea visual (mapas, posters, etc.) o auditiva (ruido), no es óptima. La decoración excesiva puede dificultar la atención sostenida durante el aprendizaje de contenido teórico (Fisher, Godwin y Sletman, 2014, citado en Portero y Campos, 2018). Por otro lado, la sobreestimulación auditiva puede dar lugar a problemas en la percepción y comprensión del lenguaje, la memoria a corto plazo, la lectura y la escritura (Klatte, Bergstroem y Lachmann, 2013, citado en Portero y Campos, 2018).

Finalmente, la *disposición del mobiliario de las aulas* juega un papel esencial en la interacción entre los individuos que la habitan, elemento clave en el ámbito educativo. Por tanto, el mobiliario no debería de ser estático, sino proporcionar dinamismo y flexibilidad al aula para promover esa interacción entre individuos (Portero y Campos, 2018).

3.2. Biofilia y neuroarquitectura

Sin duda, uno de los conceptos que más se repite a lo largo de los diversos estudios referentes a la neuroarquitectura es la *biofilia*. La biofilia hace referencia a una hipótesis propuesta por Wilson (1984), en la cual se plantea que nuestros sistemas sensoriales se desarrollaron con una sensibilidad especializada en estímulos relacionados con el mundo natural (Coburn et al., 2017). En concreto, Salingaros (2015) destaca 8 elementos biofílicos pertenecientes a espacios arquitectónicos como agentes de nuestro bienestar. Estos serían: la *luz*, de gran importancia en nuestra percepción visual,

metabolismo y ritmos circadianos; el *color*, relacionado con nuestras emociones; la *gravedad*, que influye en nuestra preferencia por objetos que se encuentran en equilibrio gravitacional y que son estables, acostumbrados a este tipo de disposiciones en la naturaleza; los *fractales*, ya que respondemos positivamente a ciertas estructuras geométricas que contienen subdivisiones de la misma estructura en sí de manera jerarquizada; los *contornos curvilíneos*, que abundan en la naturaleza; el *detalle*, esperamos encontrar un nivel de detalle similar al que solemos encontrar en la naturaleza en espacios artificiales; el *agua*, en línea con la necesidad biológica de este elemento, su presencia nos aporta tranquilidad y bienestar; y por último, la *vida*, tenemos la necesidad o tendencia de estar en contacto con seres vivos, ya sean plantas, animales o seres humanos.

A partir de esta información se podrían plantear una serie de cuestiones aplicando este conocimiento a los entornos educativos: ¿qué aspectos biofílicos pueden mejorar la experiencia educativa?, y ¿sobre qué funciones mentales actúan?

En el artículo de Anthes (2012) se mencionan varios estudios que evidencian los beneficios de la *exposición a elementos naturales* durante el aprendizaje. En primer lugar, Wells (2000) concluyó que la contemplación de entornos naturales desde la ventana favoreció la concentración de niños entre 7 y 12 años, obteniéndose mejores resultados en una prueba de atención estándar cuando el panorama era más verde. Asimismo, también se hace referencia a un estudio llevado a cabo por Sullivan (2001) en el que alumnos con trastorno por déficit de atención e hiperactividad (TDAH) mostraron una disminución de sus síntomas tras ser expuestos a un espacio verde o al permanecer en él. Finalmente, Kaplan (2008) constató la sobrecarga atencional que suponen los entornos urbanos frente a los naturales. De acuerdo con la *teoría de restauración de la atención* (ART) elaborada por este autor y sus colaboradores, los entornos urbanos gravan fuertemente el control atencional voluntario que se requiere para filtrar adecuadamente los estímulos relevantes de los irrelevantes. Las demandas del entorno urbano agotan este recurso

cognitivo y, por lo tanto, pueden empeorar el desempeño en tareas que dependen de esta atención focalizada y dirigida (Bratman et al., 2015)

Para el sistema educativo es de crucial importancia el rendimiento del alumnado. Tanner (2000) realizó un estudio en 71 escuelas estadounidenses del estado de Georgia y constató que los alumnos que podían observar desde su ventana espacios naturales obtenían mejores notas en comprensión del lenguaje, artes y matemáticas que aquellos que no tenían esa opción. Además de conseguir un buen rendimiento académico, los responsables educativos también deben asegurarse de que sus alumnos y alumnas dispongan de un estado anímico óptimo. Bratman et al. (2015) evaluaron el impacto que tiene la experiencia con la naturaleza sobre el afecto y encontraron que un *paseo por una zona natural* frente a un paseo por una zona urbanizada, dio lugar a una reducción de ansiedad, rumiación y estado afectivo negativo. Además, el paseo por la naturaleza mantuvo el afecto positivo.

Finalmente, la construcción y orientación espacial de un edificio influirá de manera directa sobre la *cantidad de luz natural* que recibirá el interior de la estructura. Como se ha mencionado con anterioridad, la luz es uno de los elementos biofílicos claves que afectan sobre nuestro bienestar. Más concretamente, la luz natural sincroniza nuestro ritmo circadiano, es decir, nuestro ciclo de sueño y vigilia (Anthes, 2012). Entre las consecuencias de la desincronización de este ciclo se encuentran problemas de salud, cognitivos y de somnolencia (Correa, 2018). Aplicado al contexto educativo, una exposición reducida a luz natural puede afectar de manera negativa a los y las estudiantes. Edwards y Torcellini (2002) constatan que recibir luz natural da lugar a una mejor ejecución de tareas académicas (como se cita en Portero y Campos, 2018). De hecho, la manipulación de la cantidad de luz que se reciba puede influir sobre la cognición y relajación de los alumnos y alumnas (Anthes, 2012).

Como conclusión, Grinde y Grindal-Patil (2009, citado en Elmashharawi, 2019) enfatizan que los estudiantes que desarrollan su aprendizaje en un

ambiente biofílico son más efectivos y tienen mayores habilidades de aprendizaje, gracias a la reducción del estrés, una mejora atencional y una mayor recuperación mental que surgen como consecuencia de la exposición a elementos biofílicos. De manera que el ambiente natural aumenta la concentración y estimula el cerebro durante el proceso de aprendizaje.

4. Diseño ideal de un espacio educativo

Llegados a este punto, la cuestión a resolver sería la siguiente: ¿Cómo sería el diseño ideal de un espacio educativo de acuerdo con la evidencia neuroarquitectónica?

Un espacio educativo óptimo debería, en primer lugar, adaptarse a las necesidades físicas y cognitivas de sus estudiantes. Es decir, no se deben diseñar de la misma manera una escuela de educación primaria que una facultad de universidad. Sin embargo, hay ciertas características aplicables a todos los niveles educativos. Por ejemplo, el edificio debe estar orientado adecuadamente con el objetivo de aprovechar la mayor cantidad de horas de *luz natural* posibles, complementando esta orientación con ventanas de gran tamaño y estratégicamente posicionadas. Además, debe estar apropiadamente *insonorizado*, pues como se menciona en líneas anteriores, una sobreestimulación auditiva de los y las estudiantes puede dar lugar a distracciones. En cuanto a los alrededores y espacios de ocio externos, el recinto educativo debe contar con *zonas verdes* y espacios abiertos al aire libre. Lo cual no quiere decir que los espacios verdes se limiten solo al exterior, sino todo lo contrario, en la medida de lo posible se deberían incluir, asimismo, plantas en los espacios interiores.

En el interior se recomienda el uso de *techos altos* y de espacios abiertos que permitan la visualización del entorno, así como, contornos *curvilíneos*. Es preferible que los *colores* de las paredes de las aulas sean *fríos*, proporcionando una mayor sensación de bienestar, *sin sobrecargarlas* con posters e imágenes que afecten negativamente a la atención de los y las estudiantes.

En cuanto a la disposición de las aulas, cuanta mayor *flexibilidad y dinamismo* proporcione la estructura del aula y su mobiliario, mayor funcionalidad tendrá. Además, una disposición adecuada del mobiliario puede fomentar la interacción entre los alumnos, dejando atrás la estructura clásica e individualista que aún abunda en las aulas. Citando a Portero y Campos (pág. 7, 2018): «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».

La importante función del diseño arquitectónico en espacios educativos, es, por tanto, un aspecto esencial a tener en cuenta de la experiencia educativa. Consecuentemente, se debe cuidar cada detalle del edificio en su integridad, ya sean los alrededores, el interior de las aulas, o incluso las zonas comunes. Sin olvidar la importancia de los pasillos como zona de encuentro y de descanso para los y las alumnas.

Finalmente, con el objetivo de evitar que se perciba el diseño de espacios educativos a partir de nociones neuroarquitectónicas como algo utópico, estos son algunos de los ejemplos de estructuras que ya comienzan a integrar estas características en su diseño: Escuela de Kingsdale (Londres, Inglaterra) (Figura 1), OZU X Building — Laboratorios para estudiantes de Ingeniería y Arquitectura (Çekmeköy, Estambul) (Figura 2) o Edificio Miralles, Universidad de Vigo (Vigo, España) (Figura 3).

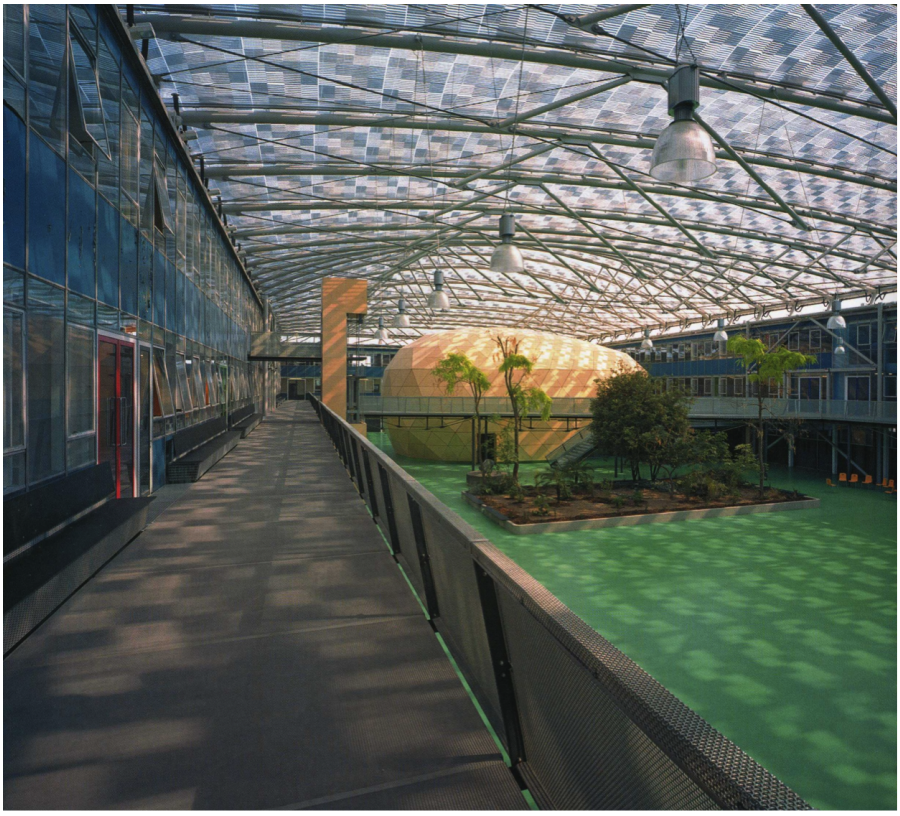


Figura 1. Escuela de Kingsdale, Londres https://www.pinterest.de/pin/368591550749050816/

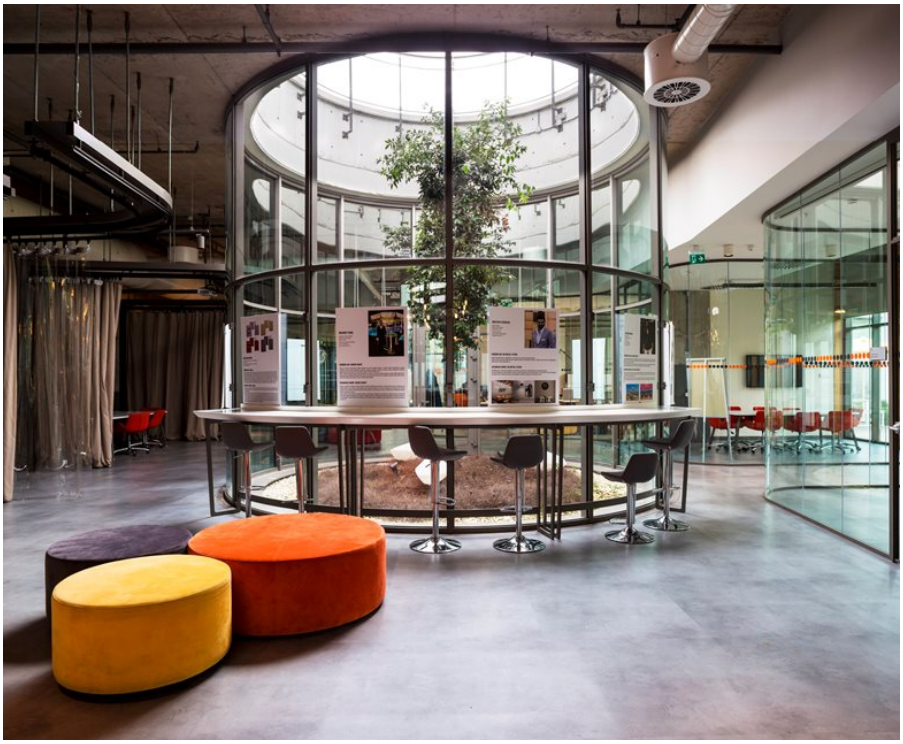


Figura 2. OZU X Building. Çekmeköy https://www.archilovers.com/projects/239566/ozu-x.html



Figura 3. Edificio Miralles, Universidad de Vigo. https://es.wikiarquitectura.com/edificio/aulario-universidad-de-vigo/universidad-de-vigo/

5. Conclusiones

La neuroarquitectura nos proporciona las herramientas necesarias para evaluar la influencia que tienen los espacios arquitectónicos sobre la actividad cerebral que subyace a la cognición, el estado emocional y el comportamiento. Consecuentemente, podría facilitar la modificación de los espacios educativos, haciendo partícipe del aprendizaje a la estructura arquitectónica de manera directa e indirecta. Ya que, a pesar de la continua evolución del sistema educativo, no se le ha prestado tanta importancia a la influencia del entorno sobre el aprendizaje y bienestar de los alumnos/as. Una educación significativa con nuevos métodos pedagógicos, currículo y nuevas tecnologías debe implementarse en un entorno adecuado y adaptado a las necesidades cambiantes de sus estudiantes.

En concreto, los espacios educativos suponen un gran desafío para esta disciplina, puesto que en ellos no solo influye el grado de bienestar, sino que es esencial que se proporcione un espacio donde se potencie el aprendizaje, la concentración, la interacción social, etc. Sin embargo, diversos estudios han proporcionado resultados prometedores sobre la importancia del diseño en este tipo de espacios. Las características más importantes a tener en cuenta serían: la altura del techo, los contornos, la cantidad de luz, el ruido, el color, la flexibilidad de los espacios y, sobre todo, la conexión con la naturaleza. Siendo esencial la inclusión de espacios verdes donde estar en contacto con la naturaleza e integrar, asimismo, la naturaleza en el interior de los edificios. Una implementación adecuada de estos aspectos ha demostrado tener efectos positivos sobre la concentración, el rendimiento académico, la interacción social, la relajación y bienestar de los alumnos y alumnas y, en general, sobre su aprendizaje.

La neuroarquitectura es una disciplina relativamente reciente, por lo tanto, sus estudios aún presentan ciertas limitaciones y necesitan profundizar en mayor medida. Sin embargo, es un campo prometedor. Con la combinación de diferentes medidas subjetivas, fisiológicas y comportamentales, y la implementación de herramientas como la realidad virtual, puede tener implicaciones importantes sobre la calidad de los espacios que habitamos.

6. Reflexión personal

Con frecuencia, los espacios educativos, sobre todo en los años tempranos, (educación primaria y secundaria) se perciben como lugares con cierta connotación negativa, independientemente de que la experiencia personal general sea positiva. En la elaboración de este trabajo, no pude evitar comparar mentalmente todos estos resultados con las instituciones que han formado parte de mi educación. Desgraciadamente, la mayoría de estas características de diseño no se encontraban en estos edificios, sino todo lo contrario.

Mi intención es, por lo tanto, enfatizar la importancia e implicaciones que tienen la investigación en neuroarquitectura, y las evidencias que aporta, en la mejora de los espacios educativos. Puesto que el espacio como tal, juega un papel esencial en el aprendizaje y bienestar de los y las estudiantes, dejando una gran mella en su experiencia académica.

Finalmente, me gustaría resaltar que gracias a que tuve la oportunidad de realizar mi *Erasmus +* en la Universidad de Utrecht (cuyas instalaciones siguen los principios neuroarquitectónicos mencionados a lo largo del trabajo), pude comprobar, por otro lado, cómo la buena implementación de estas características influye en el deseo de aprender, la motivación y la sensación de bienestar al hacerlo (Figura 4).

Por último, desde mi punto de vista, es oportuno considerar las condiciones climáticas del entorno y la incidencia sobre ellas del cambio climático, además de otras condiciones implicadas como la contaminación química, electromagnética, etc.



Figura 4. Biblioteca de la *Utrecht University* (Países Bajos) donde las ventanas se mueven en función de la posición de la luz solar. https://edition.cnn.com/style/gallery/most-beautiful-libraries-in-the-world/index.html?gallery=%2F%2Fcdn.cnn.com%2Fcnnnext%2Fdam%2Fassets%2F131126190953-utrecht-university-library.jpg

7. Preguntas de evaluación

1. A partir de esta información que has adquirido, realiza una valoración del Centro de Investigación Mente, Cerebro y Comportamiento (CYMCIC) de la Universidad de Granada. ¿Qué aspectos positivos y negativos presenta este edificio como espacio educativo?

2. ¿Qué otras limitaciones se te ocurren que pueden afectar a este tipo de estudios (aparte de la posibilidad de generalización por el uso de estímulos en formato 2D)?

3. ¿Cuáles crees que son los conceptos claves de este texto? ¿Por qué? Defínelos con tus propias palabras y relaciónalos entre sí.

Referencias

Anthes, E. (2012). Arquitectura con cabeza. *Mente y Cerebro*, *53*, 22-29.

Bratman, G. N., Daily, G. C., Levy, B. J., & Gross, J. J. (2015). The benefits of nature experience: Improved affect and cognition. *Landscape and Urban Planning*, *138*, 41–50. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.02.005

Coburn, A. Vartanian, O., & Chatterjee, A. (2017). Buildings, beauty, and the brain: A neuroscience of architectural experience. *Journal of Cognitive Neuroscience, 29*(9), 1521-1531.

Coburn, A., Vartanian, O., Kenett, Y. N., Nadal, M., Hartung, F., Hayn-Leichsenring, G., ... & Chatterjee, A. (2020). Psychological and neural responses to architectural interiors. *Cortex*, *126*, 217-241.

Correa, A. (2018). *Neuroergonomía: una ciencia sobre el cerebro y la comodidad*. http://doi.org/10.5281/zenodo.3351298.

Elmashharawi, A. (2019). Biophilic design for bringing educational spaces to life. *Journal of Design Studio*. *July*, 16–21.

Montiel, I. (2018). Neuroarquitectura en educación. Una aproximación al estado de la cuestión. *Revista Doctorado UMH*, *3*, 6. https://doi.org/10.21134/doctumh.v3i2.1451

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.

Salingaros, Nikos A. (2015). *Biophilia and healing environments: healthy principles for designing the built world*. New York: Terrapin Bright Green, LLC.

Soderlund, J., & Newman, P. (2015). Biophilic architecture: a review of the rationale and outcomes. *AIMS environmental science*, *2*(4), 950-969.

Tanner, C. K. (2000). The influence of school architecture on academic achievement. *Journal of Educational Administration*, *38*(4), 309–330. https://doi.org/10.1108/09578230010373598

Vartanian, O., Navarrete, G., Chatterjee, A., Fich, L. B., Leder, H., Modroño, C., ... & Skov, M. (2013). Impact of contour on aesthetic judgments and approach-avoidance decisions in architecture. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *110*(Supplement 2), 10446-10453.

Vartanian, O., Navarrete, G., Chatterjee, A., Fich, L. B., Gonzalez-Mora, J. L., Leder, H., Modroño, C., Nadal, M., Rostrup, N., & Skov, M. (2015). Architectural design and the brain: Effects of ceiling height and perceived enclosure on beauty judgments and approach-avoidance decisions. *Journal of Environmental Psychology*, *41*, 10–18. https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2014.11.006

Yin, J., Arfaei, N., MacNaughton, P., Catalano, P. J., Allen, J. G., & Spengler, J. D. (2019). Effects of biophilic interventions in office on stress reaction and cognitive function: A randomized crossover study in virtual reality. *Indoor Air*, *29*(6), 1028–1039. https://doi.org/10.1111/ina.12593

Biografía de la autora

Águeda Fuentes-Guerra Toral es graduada en Psicología por la Universidad de Granada (UGR). Durante el curso 2019-2020 realizó una estancia de un año en la *Utrecht University* (Países Bajos) gracias a la beca Erasmus +. Actualmente está cursando un máster en Neurociencia Cognitiva y del Comportamiento en la UGR y continuará con su formación en la Universidad de Padua (Italia) gracias a un acuerdo de doble título de máster con la Universidad de Granada y a la beca Erasmus +.

Puedes contactar con ella en aguefgt@correo.ugr.es