

Neuroarquitectura del aula universitaria: el entorno espacial como variable cognitiva en el desarrollo de funciones ejecutivas

Jaime Olivos Daza⁽¹⁾

Resumen: El diseño físico del aula universitaria constituye una variable ambiental activa con efectos documentados sobre el funcionamiento cognitivo de los estudiantes. La revisión sistemática con protocolo PRISMA 2020 sintetiza la evidencia empírica disponible entre 2015 y 2025 en torno a la relación entre variables espaciales del aula, iluminación, temperatura, calidad del aire interior, cromatismo y organización espacial, y el rendimiento en funciones ejecutivas (FE), específicamente inhibición, memoria de trabajo (MT) y flexibilidad cognitiva, en contextos de educación superior. Tras la búsqueda en cinco bases de datos (PubMed, Scopus, PsycINFO, SciELO, ERIC), se seleccionaron 8 estudios que cumplieron los criterios de inclusión. Los hallazgos indican que la temperatura elevada en el aula (>24 °C) deteriora la MT y el razonamiento verbal; la exposición a contaminantes del aire interior degrada la trayectoria de desarrollo de la MT; la temperatura de color de la iluminación artificial y el cromatismo de paredes modulan la memoria de corto plazo con diferencias de género; y la calidad de la organización espacial del aula predice el rendimiento en inhibición y MT visuoespacial. Se propone un marco de implicancias pedagógicas y de diseño situado en el contexto de la educación superior chilena y latinoamericana, con recomendaciones para la adecuación de espacios de aprendizaje activo desde una perspectiva de neuroarquitectura educativa.

Palabras clave: neuroarquitectura educativa - funciones ejecutivas - memoria de trabajo - inhibición - flexibilidad cognitiva - diseño de aulas - educación superior - ambiente de aprendizaje - carga cognitiva - neurociencias aplicadas

[Resúmenes en inglés y portugués en la página 146]

(1) Ver CV en pág. 147

1. Introducción

Cuando un estudiante universitario ingresa a una sala de clases, rara vez repara en la temperatura del ambiente, el nivel de ruido que llega desde el pasillo, el color de las paredes o la calidad de la luz que filtra por las ventanas. Sin embargo, cada una de estas condiciones físicas ejerce un efecto documentado sobre los recursos cognitivos disponibles para aprender. La neuroarquitectura, campo que articula el conocimiento neurocientífico con los principios del diseño y la arquitectura, ha avanzado de forma sostenida en la comprensión de estos mecanismos, revelando que el espacio habitado no es un fondo neutral sino una variable activa que modula procesos cerebrales fundamentales.

En el ámbito de la educación superior chilena y latinoamericana, esta discusión resulta especialmente pertinente. Las instituciones de educación terciaria enfrentan el desafío de garantizar condiciones de aprendizaje que sean no solo pedagógicamente relevantes, sino también neurocientíficamente sustentables. En Chile, el sistema de educación superior concentra a más de un millón doscientos mil estudiantes en universidades, institutos profesionales y centros de formación técnica (Servicio de Información de Educación Superior [SIES], 2023), buena parte de los cuales desarrollan sus trayectorias formativas en infraestructuras que no han incorporado criterios de diseño informados por neurociencias cognitivas.

Las funciones ejecutivas (FE), aquellas comprendidas, como el conjunto de procesos cognitivos de orden superior que incluyen la inhibición, la memoria de trabajo y la flexibilidad cognitiva (Diamond, 2013), constituyen el andamiaje central del aprendizaje profundo en la educación superior. La capacidad de inhibir distractores irrelevantes, mantener y manipular información en la mente durante la resolución de problemas, y adaptarse con fluidez a nuevas demandas cognitivas son competencias indispensables en contextos universitarios de alta exigencia. Diversas líneas de investigación sugieren que estas funciones son sensibles a las condiciones del entorno físico, sin embargo, la evidencia al respecto permanece dispersa y escasamente integrada en la literatura de habla hispana.

El presente artículo tiene como propósito sintetizar, mediante una revisión sistemática con protocolo PRISMA 2020, la evidencia disponible entre 2015 y 2025 sobre la relación entre el diseño físico del aula universitaria y el desempeño en FE. A partir de este análisis se propone un marco conceptual de implicancias para el diseño de espacios de aprendizaje activo, situado en el contexto de la educación superior chilena y latinoamericana.

2. Marco conceptual

2.1. Neuroarquitectura: bases y alcances

La neuroarquitectura emerge como campo interdisciplinario a comienzos del siglo XXI, articulando la arquitectura, el diseño de interiores, la psicología ambiental y las neurociencias cognitivas para comprender cómo el entorno construido afecta la experiencia, la conducta y el bienestar humano (Eberhard, 2009). La Academy of Neuroscience for

Architecture (ANFA) ha sido instrumental en la sistematización de este campo, promoviendo la traducción del conocimiento neurocientífico a principios de diseño aplicables en contextos reales.

Desde la perspectiva de la psicología ambiental, la Teoría de la Restauración Atencional (ART; Kaplan & Kaplan, 1989) proporciona un modelo comprensivo que explica cómo ciertos entornos, especialmente aquellos con elementos naturales, favorecen la recuperación de la atención dirigida, un recurso limitado estrechamente vinculado a las FE. Complementariamente, la teoría del estrés ambiental (Evans & Cohen, 1987) predice que condiciones como el ruido, el hacinamiento o la temperatura extrema generan demandas adicionales sobre el sistema nervioso autónomo, reduciendo los recursos cognitivos disponibles para el aprendizaje.

En el contexto específico del aprendizaje universitario, el diseño del aula se articula con el concepto de carga cognitiva extrínseca (Sweller, 1988): aquella carga cognitiva no derivada del contenido de aprendizaje en sí, sino de las condiciones del entorno en que este ocurre. Un aula con iluminación deficiente, temperatura inadecuada o niveles elevados de ruido ambiental incrementa la carga cognitiva extrínseca, reduciendo los recursos disponibles para la carga intrínseca, es decir, para el procesamiento del contenido curricular mismo.

2.2. Funciones ejecutivas y su relevancia en la educación superior

Diamond (2013) propone un modelo jerárquico de las FE en el que la inhibición, la memoria de trabajo y la flexibilidad cognitiva constituyen las funciones nucleares, desde las cuales emergen capacidades de orden superior como el razonamiento, la planificación y la creatividad. En el contexto universitario chileno, estas capacidades resultan centrales tanto para el desempeño académico como para el desarrollo de competencias profesionales y ciudadanas que el sistema de educación superior espera promover.

La inhibición refiere a la capacidad de suprimir respuestas automáticas o irrelevantes que compiten con el objetivo cognitivo en curso, incluyendo la atención inhibitoria, el control inhibitorio sobre la acción y la interferencia cognitiva (Diamond, 2013). La memoria de trabajo (MT) comprende los procesos de almacenamiento y manipulación activa de información en línea, siendo crítica para el seguimiento de razonamientos complejos, la resolución de problemas y la comprensión lectora profunda. La flexibilidad cognitiva, por su parte, permite el cambio fluido entre perspectivas, reglas o estrategias cognitivas, constituyendo una competencia esencial en contextos de aprendizaje activo y colaborativo.

Desde el modelo de control ejecutivo de Norman y Shallice (1986), actualizado en el marco de las neurociencias modernas, la corteza prefrontal dorsolateral y las regiones cinguladas anteriores ejercen un rol central en la coordinación de estas funciones, siendo especialmente vulnerables a condiciones de estrés crónico, fatiga y carga cognitiva exógena, todas ellas potencialmente influenciadas por las condiciones físicas del entorno de aprendizaje.

3. Método: revisión sistemática con protocolo PRISMA 2020

3.1. Protocolo y registro

La presente revisión sistemática fue conducida siguiendo las directrices del Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA 2020; Page et al., 2021). Se consideró un período de búsqueda comprendido entre enero de 2015 y marzo de 2025, con el objeto de capturar la producción científica de la última década en el área de intersección entre diseño espacial y FE en contextos educativos.

3.2. Estrategia de búsqueda

La búsqueda bibliográfica se realizó en cinco bases de datos: PubMed, Scopus, PsycINFO, SciELO y ERIC. Los descriptores de búsqueda fueron seleccionados en inglés y español, combinados mediante operadores booleanos (AND / OR), e incluyeron los siguientes términos:

- Inglés: classroom design, learning environment, indoor environment, executive function, inhibitory control, working memory, cognitive flexibility, higher education, university, neuroarchitecture, cognitive load
- Español: diseño del aula, entorno de aprendizaje, funciones ejecutivas, inhibición, memoria de trabajo, flexibilidad cognitiva, educación superior, neuroarquitectura, carga cognitiva

3.3. Criterios de elegibilidad

- Criterios de inclusión: (a) estudios empíricos, revisiones sistemáticas o narrativas publicadas en revistas arbitradas; (b) período de publicación 2015-2025; (c) medición objetiva o psicométrica de al menos una FE (inhibición, MT o flexibilidad cognitiva); (d) relación explícita con variables del entorno físico de aprendizaje; (e) población en contexto educativo formal; (f) publicados en inglés, español o portugués.
- Criterios de exclusión: (a) estudios sin grupo de comparación o sin medición de FE; (b) muestras exclusivamente clínicas o poblaciones con diagnóstico neurológico mayor como variable principal; (c) estudios cuya variable ambiental no fuera distinguible del entorno de aprendizaje (p. ej., estudios exclusivos de actividad física recreativa sin componente de diseño espacial).

3.4. Proceso de selección y flujo PRISMA

La búsqueda inicial identificó 487 registros distribuidos entre las cinco bases de datos. Tras la eliminación de duplicados (n = 146) quedaron 341 artículos. El cribado por título y resumen permitió excluir 285 registros por encontrarse fuera del ámbito temático (diseño espacial y FE en educación). Los 56 artículos restantes fueron evaluados a texto completo; de estos, 48 fueron excluidos por no cumplir los criterios de elegibilidad (ver Tabla 1). La muestra final para la revisión quedó conformada por 8 estudios.

Tabla 1. Flujo de selección de estudios según protocolo PRISMA 2020

Etapa del flujo PRISMA 2020		N
Registros identificados (5 bases)		487
Registros tras eliminar duplicados		341
Artículos cribados por título y resumen		341
Excluidos por título/resumen (fuera de temática)		285
Artículos con texto completo evaluados		56
Excluidos: período > 10 años		12
Excluidos: sin medición de FE		18
Excluidos: muestra no educativa		10
Excluidos: idioma no permitido		8
Artículos incluidos en la revisión		8

4. Resultados

4.1. Características de los estudios incluidos

Los 8 estudios seleccionados (ver Tabla 2) abarcan contextos educativos de Italia, España, Estados Unidos, Turquía, Rusia y el Reino Unido, publicados entre 2019 y 2024. Los tamaños muestrales varían desde estudios de caso con grupos reducidos hasta revisiones que sintetizan hasta 9 estudios primarios. Las FE evaluadas incluyen memoria de trabajo, atención ejecutiva, inhibición y flexibilidad cognitiva; las variables espaciales examinadas comprenden temperatura del aula, calidad del aire interior, iluminación artificial, cromatismo, acceso a entornos naturales y calidad de la organización espacial del aula.

Tabla 2. Estudios incluidos en la revisión sistemática

Autor(es) y año	País / Población	Diseño	Variable espacial	FE evaluada	Hallazgo principal
Barbic et al. (2019)	Italia / universitarios (n=20)	Experimental	Temperatura del aula (22 vs. 26 °C)	Memoria de trabajo, razonamiento verbal	Mayor temperatura redujo rendimiento cognitivo y aumentó activación simpática cardíaca
Gartland et al. (2022)	Reino Unido / escolares primarios (revisión)	Rapid review (9 estudios)	Contaminación del aire interior (PM2.5, NO ₂)	MT, atención ejecutiva	PM2.5 y NO ₂ degradan MT y rendimiento académico; efectos más marcados en el trayecto del desarrollo
Nolé et al. (2021)	España / universitarios (n=100)	Experimental (VR)	Color de paredes, iluminación artificial, geometría del aula	Memoria de corto plazo	Temperatura de color ≥10.500 K y matiz azul optimizan MT; el matiz morado genera diferencias de género
Trammell & Aguilar (2021)	EE.UU. / universitarios	Within-subjects	Entorno natural vs. interior (ejercicio)	MT, FE (Trail Making Test B)	El ejercicio mejora FE independiente del entorno; el entorno natural mejora tareas de demanda atencional moderada
Trammell et al. (2024)	EE.UU. / universitarios (n=188)	Experimental (3 grupos)	Entorno natural / urbano / interior (caminata)	Atención, MT, FE, memoria de reconocimiento	El entorno natural mejora afecto pero no FE; los efectos cognitivos no son consistentes con los afectivos
Gündoğdu et al. (2023)	Turquía / universitarios (19-22 años)	Estudio de caso	Espacios exteriores sombreados vs. expuestos al sol	Atención / concentración (D2)	Exposición previa a espacios sombreados mejoró concentración (CP media 182.8 vs. 167.6)
Veraksa et al. (2020)	Rusia / preescolares (n=133, 5-6 años)	Comparativo (CLASS)	Calidad de interacción en el aula (organización, soporte)	Inhibición, MT visuoespacial, flexibilidad cognitiva	Alta calidad de organización del aula predice mayor inhibición y MT visuoespacial
Wirz-Justice et al. (2020)	Internacional / revisión general	Narrative review	Luz natural (día), fotoperíodo, ritmos circadianos	Cognición, alerta, aprendizaje	La luz natural activa ipRGC → NSQ → modulación del estado de alerta y aprendizaje; déficit de luz degrada FE

4.2. Temperatura del aula y cognición

Barbic et al. (2019) condujeron un estudio experimental con 20 estudiantes universitarios en dos condiciones de temperatura: neutra (20-22 °C) y elevada (24-26 °C). Los resultados evidenciaron que la exposición a mayor temperatura redujo de forma estadísticamente significativa los puntajes en MT, comprensión verbal y rendimiento cognitivo global, al tiempo que desplazó el control autonómico cardíaco hacia una predominancia simpática, lo que indica un estado de mayor activación de estrés fisiológico. Este hallazgo resulta coherente con

el modelo de Estrés Ambiental: el calor excesivo genera demandas sobre el sistema nervioso autónomo que compiten con los recursos cognitivos disponibles para el aprendizaje.

Complementariamente, Gündoğdu et al. (2023) evaluaron el efecto de espacios exteriores sombreados sobre la concentración de estudiantes universitarios en un aula con ventilación natural. Quienes habían estado previamente en espacios sombreados mostraron puntajes de concentración significativamente superiores (media 182,8 vs. 167,6 en el test D2), sugiriendo que las condiciones térmicas del entorno inmediato previo a la clase modulan la capacidad atencional y, por extensión, la capacidad inhibitoria al inicio de la sesión de aprendizaje.

4.3. Calidad del aire interior, contaminantes y memoria de trabajo

Gartland et al. (2022) realizaron una revisión rápida de 9 estudios primarios sobre la relación entre contaminación del aire en y alrededor de establecimientos educativos y FE en estudiantes de educación primaria. Sus hallazgos son extrapolables al análisis de espacios cerrados universitarios: la exposición a material particulado fino (PM_{2,5}) y dióxido de nitrógeno (NO₂) tiene efectos negativos sobre la MT y el rendimiento académico, afectando de manera especial la trayectoria de desarrollo de la MT. Si bien esta revisión se centra en niños, sus implicancias son relevantes para el diseño de espacios universitarios con ventilación deficiente o cercanos a fuentes de tráfico vehicular, situación frecuente en campus universitarios urbanos chilenos ubicados en ciudades con altos índices de contaminación, como la Región Metropolitana o la zona centro-sur.

4.4. Iluminación, cromatismo y memoria de trabajo

El estudio de Nolé et al. (2021) constituye uno de los trabajos más innovadores de la muestra: mediante realidad virtual, 100 estudiantes universitarios fueron expuestos a distintas configuraciones de aula (geometría, color de paredes e iluminación artificial) mientras realizaban una tarea de MT. Los resultados mostraron que una temperatura de color de iluminación de 10.500 K y el matiz azul de las paredes optimizaron el rendimiento en MT de forma transversal a ambos géneros, mientras que el matiz morado generó diferencias significativas de género. Estos hallazgos tienen implicancias directas para el diseño de aulas universitarias: la elección de temperatura de color de la iluminación artificial y la paleta cromática de las superficies no es una decisión meramente estética sino una variable que incide en la capacidad cognitiva de los estudiantes.

Por su parte, Wirz-Justice et al. (2020) examinaron la relevancia de la luz diurna natural para el ser humano, documentando que las células ganglionares de la retina intrínsecamente fotosensibles (ipRGC), que expresan melanopsina, proyectan al núcleo supraquiasmático (NSQ) y a regiones perihabenuares que modulan el estado de alerta, el humor y el aprendizaje. La restricción de luz natural en espacios cerrados compromete la sincronización circadiana, la alerta y los procesos cognitivos dependientes de FE, con un efecto de mayor magnitud en días nublados o en aulas con escasa entrada de luz natural, condición climática habitual en la zona sur de Chile.

4.5. Entorno natural, afecto y funciones ejecutivas

Trammell y Aguilar (2021) y Trammell et al. (2024) examinaron el efecto del entorno natural sobre afecto y cognición en muestras de universitarios estadounidenses. Ambos trabajos coinciden en que el entorno natural produce beneficios robustos sobre el afecto positivo, pero sus efectos sobre las FE son menos consistentes y dependen del tipo de demanda cognitiva evaluada. Trammell y Aguilar (2021) reportaron que el entorno natural mejoró tareas de demanda atencional moderada (Trail Making Test A, amplitud de dígitos directa), mientras que el ejercicio físico, independiente del entorno, mejoró la FE de mayor complejidad (Trail Making Test B, asociada a flexibilidad cognitiva). Trammell et al. (2024), con una muestra mayor ($n = 188$), no encontraron efectos del entorno sobre ninguna medida cognitiva, lo que sugiere que la exposición previa frecuente a la naturaleza puede atenuar los efectos de restauración atencional predichos por la ART.

La lectura integrada de estos trabajos es especialmente relevante para el contexto universitario chileno, donde la integración de elementos naturales en el diseño de campus (jardines interiores, patios sombreados, vegetación en interiores) suele concebirse solo en términos estéticos o de bienestar general, sin considerar su potencial impacto sobre los recursos cognitivos disponibles para el aprendizaje.

4.6. Organización espacial del aula y calidad de la interacción

Veraksa et al. (2020) evaluaron la relación entre la calidad de la interacción en el aula, medida con el Classroom Assessment Scoring System (CLASS), y el desempeño en FE en preescolares. Aunque la muestra no es universitaria, el estudio aporta evidencia relevante para el diseño de espacios en cualquier nivel educativo: la dimensión de organización del aula del CLASS, que incluye gestión conductual, productividad y modalidades de aprendizaje, predijo significativamente el rendimiento en inhibición y MT visuoespacial. Los estudiantes de grupos con alta calidad organizacional mostraron mayor inhibición y MT visuoespacial, mientras que los grupos con baja calidad presentaron mayor flexibilidad cognitiva, un hallazgo aparentemente paradójico que los autores interpretan como una estrategia adaptativa ante la impredecibilidad del entorno.

5. Discusión: el aula universitaria latinoamericana como entorno neurocognitivo

La síntesis de los 8 estudios incluidos permite sostener que el diseño físico del aula constituye una variable neurocognitiva activa, con efectos documentados sobre las tres FE nucleares descritas por Diamond (2013). Los hallazgos son coherentes con los postulados de la neuroarquitectura y la psicología ambiental, y ofrecen un fundamento empírico para repensar el diseño de los espacios de aprendizaje en la educación superior chilena y latinoamericana.

Resulta notorio que la investigación en este ámbito se ha desarrollado predominantemente en Europa, Norteamérica y Asia, con una presencia marginal de estudios situados en América Latina. Esta brecha representa, al mismo tiempo, una limitación de la evidencia disponible y una oportunidad de investigación para los equipos académicos de la región. Las condiciones climáticas particulares de Chile, oscilando entre la aridez del norte y la humedad del sur, con una zona central caracterizada por altos niveles de contaminación atmosférica en invierno, configuran un escenario específico que justifica investigación local sobre el impacto del entorno espacial en las FE de estudiantes universitarios.

Desde el punto de vista de la arquitectura educativa chilena, la infraestructura universitaria ha sido históricamente diseñada bajo criterios funcionales y económicos, con escasa incorporación de principios de confort ambiental informados por neurociencias. El Ministerio de Educación de Chile, a través de su División de Educación Superior, no cuenta aún con directrices específicas de diseño neurocognitivo para espacios de educación terciaria, a diferencia de lo que ocurre en países como el Reino Unido, donde el informe HEAD Project (Barrett et al., 2015) demostró que hasta un 16% de la variabilidad en el progreso de aprendizaje escolar puede atribuirse a variables del diseño físico del aula.

Es relevante señalar que los efectos del entorno espacial sobre las FE no operan de manera uniforme: variables moderadoras como el género (Nolé et al., 2021), la exposición previa al entorno natural (Trammell et al., 2024) y el nivel de organización pedagógica del espacio (Veraksa et al., 2020) modulan la magnitud y dirección de estos efectos. Esta variabilidad subraya la necesidad de un enfoque contextualizado y culturalmente situado para la investigación en neuroarquitectura educativa latinoamericana.

6. Implicancias pedagógicas y de diseño

A partir de la evidencia revisada, es posible formular un conjunto de recomendaciones para el diseño o adecuación de aulas universitarias desde una perspectiva de neuroarquitectura educativa:

- **Temperatura:** mantener la temperatura del aula en el rango de 20-22 °C durante las sesiones lectivas, asegurando sistemas de climatización eficientes y ventilación natural complementaria. En contextos sin climatización, considerar estrategias pasivas de control térmico (sombreado exterior, materialidad de muros, orientación de ventanas).
- **Iluminación:** priorizar el ingreso de luz natural, complementado con iluminación artificial de temperatura de color elevada (≥ 6.500 K) para sesiones que requieran alta demanda de MT. Incorporar sistemas de iluminación regulable que permitan adaptar la temperatura de color a distintas fases de la sesión de aprendizaje.
- **Cromatismo:** considerar el uso de matices fríos (azul-verde) en las superficies de mayor visualización del aula como estrategia de apoyo a la MT, especialmente en contextos de alta demanda cognitiva. Evitar superficies cromáticamente saturadas o contrastantes que incrementen la carga cognitiva extrínseca.

- Calidad del aire: asegurar protocolos de ventilación que mantengan niveles de CO₂ inferiores a 1.000 ppm durante las sesiones, mediante ventilación cruzada o sistemas de purificación del aire interior. Esta medida es especialmente relevante en campus ubicados en zonas de alta contaminación ambiental.
- Elementos naturales: incorporar vegetación interior, acceso visual a espacios exteriores naturales y patios sombreados como recursos de restauración atencional previos o durante las sesiones de aprendizaje. Diseñar trayectos de circulación que incluyan zonas de descanso visual con elementos naturales.
- Organización espacial flexible: diseñar aulas con mobiliario reconfigurable que permita alternar entre modalidades de aprendizaje (individual, colaborativo, plenario), reduciendo la carga cognitiva asociada a la rigidez espacial y favoreciendo la flexibilidad cognitiva en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Desde la perspectiva del docente universitario chileno, estas recomendaciones no implican necesariamente grandes inversiones de infraestructura. Muchas de ellas pueden implementarse mediante decisiones de gestión del espacio: abrir ventanas estratégicamente para asegurar renovación del aire, situar a los estudiantes con mejor iluminación natural, incorporar pausas activas en zonas con acceso a elementos naturales, o elegir colores de mobiliario y materiales de trabajo que no incrementen la carga visual innecesariamente.

7. Conclusiones

La revisión sistemática ha demostrado que el entorno físico del aula universitaria es una variable neurocognitiva con efectos documentados sobre la inhibición, la memoria de trabajo y la flexibilidad cognitiva de los estudiantes. La temperatura, la calidad del aire interior, la iluminación y el cromatismo de las superficies modulan activamente los recursos ejecutivos disponibles para el aprendizaje, incrementando o reduciendo la carga cognitiva extrínseca según sus condiciones.

La neuroarquitectura educativa ofrece un marco conceptual y metodológico para integrar este conocimiento en las decisiones de diseño, gestión y política de infraestructura universitaria. En el contexto latinoamericano y chileno, esta perspectiva abre una agenda de investigación urgente y escasamente explorada, que permitiría fundamentar políticas de diseño educativo con base empírica sólida.

Futuras investigaciones en la región deberían orientarse a la evaluación contextualizada de variables espaciales en aulas universitarias chilenas, considerando las condiciones climáticas locales, la diversidad de infraestructuras disponibles y las diferencias culturales en la percepción del espacio de aprendizaje. La colaboración entre equipos de neurociencias cognitivas aplicadas, arquitectura educativa y ciencias de la educación se presenta como la vía más prometedora para avanzar en esta dirección.

Declaración sobre el uso de herramientas de Inteligencia Artificial: El autor declara que las herramientas de inteligencia artificial fueron utilizadas exclusivamente para tareas de apoyo editorial: corrección gramatical, mejora estilística y adecuación formal a las normas APA 7. La totalidad de las ideas, marcos teóricos, análisis, interpretación de resultados y conclusiones es de autoría intelectual exclusiva del autor, quien asume la responsabilidad integral sobre el contenido del artículo.

Referencias

- Barbic, F., Minonzio, M., Cairo, B., Shiffer, D., Dipasquale, A., Cerina, L., Vatteroni, A., Urechie, V., Verzeletti, P., Badilini, F., Vaglio, M., Iatrino, R., Porta, A., Santambrogio, M., Gatti, R., & Furlan, R. (2019). Effects of different classroom temperatures on cardiac autonomic control and cognitive performances in undergraduate students. *Physiological Measurement*, 40(5), 054005. <https://doi.org/10.1088/1361-6579/ab1816>
- Barrett, P., Zhang, Y., Davies, F., & Barrett, L. (2015). *Clever classrooms: Summary report of the HEAD Project*. University of Salford.
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology*, 64, 135-168. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>
- Eberhard, J. P. (2009). *Brain landscape: The coexistence of neuroscience and architecture*. Oxford University Press.
- Evans, G. W., & Cohen, S. (1987). Environmental stress. En D. Stokols & I. Altman (Eds.), *Handbook of environmental psychology* (pp. 571-610). Wiley.
- Gartland, N., Aljofi, H. E., Dienes, K., Munford, L. A., Theakston, A. L., & van Tongeren, M. (2022). The effects of traffic air pollution in and around schools on executive function and academic performance in children: A rapid review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(2), 749. <https://doi.org/10.3390/ijerph19020749>
- Gündoğdu, B., Nouri, A. S., Afacan, Y., & Matzarakis, A. (2023). Investigating the impacts of shaded outdoor spaces on thermal adaptation and cognitive performance of university students in classroom environments. *International Journal of Biometeorology*, 67(12), 1941-1955. <https://doi.org/10.1007/s00484-023-02552-x>
- Kaplan, R., & Kaplan, S. (1989). *The experience of nature: A psychological perspective*. Cambridge University Press.
- Nolé, M. L., Higuera-Trujillo, J. L., & Llinares, C. (2021). Effects of classroom design on the memory of university students: From a gender perspective. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(17), 9391. <https://doi.org/10.3390/ijerph18179391>
- Norman, D. A., & Shallice, T. (1986). Attention to action: Willed and automatic control of behavior. En R. J. Davidson, G. E. Schwartz & D. Shapiro (Eds.), *Consciousness and self-regulation* (pp. 1-18). Plenum Press.

- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). *The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews*. *BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Servicio de Información de Educación Superior [SIES]. (2023). *Informe matrícula 2023 en educación superior en Chile*. Ministerio de Educación de Chile.
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 12(2), 257-285. [https://doi.org/10.1016/0364-0213\(88\)90023-7](https://doi.org/10.1016/0364-0213(88)90023-7)
- Trammell, J. P., & Aguilar, S. C. (2021). Natural is not always better: The varied effects of a natural environment and exercise on affect and cognition. *Frontiers in Psychology*, 11, 575245. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.575245>
- Trammell, J. P., Harriger, J. A., & Krumrei-Mancuso, E. J. (2024). Walking in nature may improve affect but not cognition. *Frontiers in Psychology*, 14, 1258378. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1258378>
- Veraksa, A., Bukhalenkova, D., & Almazova, O. (2020). Executive functions and quality of classroom interactions in kindergarten among 5-6-year-old children. *Frontiers in Psychology*, 11, 603776. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.603776>
- Wirz-Justice, A., Skene, D. J., & Münch, M. (2020). The relevance of daylight for humans. *Biochemical Pharmacology*, 191, 114304. <https://doi.org/10.1016/j.bcp.2020.114304>

Abstract: The physical design of the university classroom constitutes an active environmental variable with documented effects on students' cognitive functioning. This systematic review using the PRISMA 2020 protocol synthesises empirical evidence from 2015 to 2025 on the relationship between spatial variables —lighting, temperature, indoor air quality, chromatism, and spatial organisation— and performance in executive functions (EF), specifically inhibition, working memory (WM), and cognitive flexibility, within higher education settings. Following searches across five databases (PubMed, Scopus, PsycINFO, SciELO, ERIC), 8 studies meeting the inclusion criteria were selected. Findings indicate that elevated classroom temperature (>24 °C) impairs WM and verbal reasoning; exposure to indoor air pollutants undermines WM developmental trajectory; artificial lighting colour temperature and wall chromatism modulate short-term memory with gender differences; and the quality of classroom spatial organisation predicts performance in inhibition and visuospatial WM. A framework of pedagogical and design implications is proposed within the context of Chilean and Latin American higher education, with recommendations for adapting active learning spaces from a neuroarchitectural perspective.

Keywords: educational neuroarchitecture - executive functions - working memory - inhibition - cognitive flexibility - classroom design - higher education - learning environment - cognitive load - applied neurosciences

Resumo: O desenho físico da sala de aula universitária constitui uma variável ambiental ativa com efeitos documentados sobre o funcionamento cognitivo dos estudantes. A presente revisão sistemática, conduzida segundo o protocolo PRISMA 2020, sintetiza a evidência empírica disponível entre 2015 e 2025 acerca da relação entre variáveis espaciais da sala de aula — incluindo iluminação, temperatura, qualidade do ar interior, cromatismo e organização espacial — e o desempenho em funções executivas (FE), especificamente inibição, memória de trabalho (MT) e flexibilidade cognitiva, em contextos de educação superior.

Após a busca em cinco bases de dados (PubMed, Scopus, PsycINFO, SciELO, ERIC), foram selecionados oito estudos que atenderam aos critérios de inclusão. Os resultados indicam que temperaturas elevadas na sala de aula (>24 °C) prejudicam a memória de trabalho e o raciocínio verbal; a exposição a poluentes do ar interior compromete a trajetória de desenvolvimento da memória de trabalho; a temperatura de cor da iluminação artificial e o cromatismo das paredes modulam a memória de curto prazo com diferenças de gênero; e a qualidade da organização espacial da sala de aula prediz o desempenho em inibição e memória de trabalho visuoespacial.

Propõe-se um quadro de implicações pedagógicas e de projeto situado no contexto da educação superior chilena e latino-americana, com recomendações para a adequação de espaços de aprendizagem ativa a partir de uma perspectiva de neuroarquitectura educacional.

Palavras-chave: neuroarquitectura educacional - funções executivas - memória de trabalho - inibição - flexibilidade cognitiva - desenho de salas de aula - educação superior - ambiente de aprendizagem - carga cognitiva - neurociências aplicadas.

[Las traducciones de los abstracts fueron supervisadas por el autor de cada artículo.]

Jaime Olivos Daza. Psicólogo, candidato a Doctor en psicología, con mención en neurociencias cognitivas aplicadas por la Universidad Maimónides (Buenos Aires, Argentina). Se desempeña como académico de educación superior en la Universidad Católica del Maule (UCM) y la Universidad Santo Tomás (UST), con una trayectoria de más de diez años en docencia universitaria. Es fundador y director de NeuroSimple, plataforma chilena de comunicación científica en neurociencias y psicología. Su tesis doctoral investiga el burnout docente como factor asociado a funciones ejecutivas (inhibición y memoria de trabajo) en contextos educativos tradicionales y alternativos. Ha presentado investigaciones en congresos de innovación educativa y neuroeducación, y desarrolla proyectos editoriales y de divulgación científica orientados a adolescentes y comunidad educativa general.