

Cuaderno 314

Año 29
Número 314
2026/2027
ISSN 1668-0227

Cuadernos del Centro de Estudios en Diseño y Comunicación [Ensayos]

Cuaderno de Investigación en Neuroarquitectura

V. Salinas: Prólogo | **J. Bermudez, D. Krizaj, D. L. Lipschitz, C. E. Bueler, Jadwiga Rogowska, D. Yurgelun-Todd y Y. Nakamura:** Estados meditativos inducidos externamente: un estudio exploratorio de fMRI de las respuestas de arquitectos a la arquitectura contemplativa | **V. Salinas:** Diseño del aula, percepción ambiental y aprendizaje: estudio exploratorio en un entorno educativo real | **B. L. Brusilovsky Filer:** Inclusión: accesibilidad cognitiva y para la integración sensorial. Coordenadas espaciales para el diseño: urbanismo y arquitectura | **V. Martín Pons:** Materialidad neuroinclusiva: criterios para la selección de materiales de interior en espacios habitados por personas autistas | **E. S. Rocha, Antonio García-Anacleto y J. Francisco Armendáriz-López:** Respuesta Emocional a Paisajes en Ventanas Arquitectónicas Mediante Realidad Virtual Inmersiva | **J. Olivos Daza:** Neuroarquitectura del aula universitaria: el entorno espacial como variable cognitiva en el desarrollo de funciones ejecutivas | **M. E. Avale:** Fundamentos neurocientíficos de diseño terapéutico para personas con demencia | **C. M. Doratto:** Neuropaisajismo escolar: un modelo salutogénico de infraestructura de cuidado para la neurodiversidad en el sistema educativo argentino | **C. Basualdo Bodart:** El color como signo de transformación del entorno subjetivo. Memoria sensible, la piel y el mundo | **A. Nuñez Calderon:** La tipología polibloque hospitalaria desde la neuroarquitectura: análisis del partido general del Hospital de Chillán | **M. Lapid-Volosin:** Arquitectura, emoción y experiencia espacial. Contribuciones de la neurociencia al estudio del entorno construido | **M. del Pilar Pinzón Rueda:** Neuroarquitectura educativa: diseñar espacios que respeten la diversidad | **F. Mazzetti:** Neuroiluminación: la luz y la relación con el ser humano | **Y. Olguin y D. Orfila:** Contaminación electromagnética, síndrome de hipersensibilidad electromagnética y asociación con tumores de la vía auditiva.

Instituto de Investigación en Diseño.
Facultad de Diseño y Comunicación.
Universidad de Palermo. Buenos Aires.



**Cuadernos del Centro de Estudios
en Diseño y Comunicación**

Universidad de Palermo.
Facultad de Diseño y Comunicación.
Instituto de Investigación en Diseño.
Mario Bravo 1050. C1175ABT.
Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.
www.palermo.edu
publicacionesdc@palermo.edu

Director

Oscar Echevarría

Editora

Fabiola Knop

Coordinación del Cuaderno n° 314

Vanina Salinas (Universidad de Palermo. Fundación CON
NEUROARQ®)

Universidad de Palermo

Rector

Ricardo Popovsky

Facultad de Diseño y Comunicación

Decano
Oscar Echevarría

Diseño

Fernanda Estrella - Francisca Simonetti - Constanza Togni

1° Edición. 2025/2026.

Cantidad de ejemplares: 100

Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

Edición papel: ISSN 1668-0227

Edición digital: ISSN 1853-3523



El Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología de la República Argentina, con la resolución N° 2385/05 incorporó al Núcleo Básico de Publicaciones Periódicas Científicas y Tecnológicas –en la categoría Ciencias Sociales y Humanidades– la serie Cuadernos del Centro de Estudios en Diseño y Comunicación [Ensayos]. Facultad de Diseño y Comunicación de la Universidad de Palermo. En diciembre 2013 fue renovada la permanencia en el Núcleo Básico, que se evalúa de manera ininterrumpida desde el 2005. La publicación en sus versiones impresa y en línea han obtenido el Nivel 1 (36 puntos sobre 36).



Red latinoamericana de revistas académicas en ciencias sociales y humanidades (FLACSO Argentina).



La publicación Cuadernos del Centro de Estudios en Diseño y Comunicación [Ensayos] (Ed. papel ISSN 1668-0227 / Ed. digital ISSN 1853-3523) forma parte de la plataforma de recursos y servicios documentales Dialnet.



La publicación Cuadernos del Centro de Estudios en Diseño y Comunicación [Ensayos] (Ed. papel ISSN 1668-0227 / Ed. digital ISSN 1853-3523) se encuentra indexada por EBSCO.



La publicación Cuadernos del Centro de Estudios en Diseño y Comunicación [Ensayos] (Ed. papel ISSN 1668-0227 / Ed. digital ISSN 1853-3523) está incluida en el Directorio y Catálogo de Latindex.



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.



La publicación Cuadernos del Centro de Estudios en Diseño y Comunicación [Ensayos] (Ed. papel ISSN 1668-0227 / Ed. digital ISSN 1853-3523) pertenece a la colección de revistas científicas de SciELO.



La publicación Cuadernos del Centro de Estudios en Diseño y Comunicación [Ensayos] (Ed. papel ISSN 1668-0227 / Ed. digital ISSN 1853-3523) está incluida en Open Journal Systems (OJS), un Sistema de Administración y publicación de revistas y documentos periódicos (Seriadadas) en Internet.

Comité Editorial y Arbitraje

Tatiana Acar. UFF - Universidade Federal Fluminense, Brasil

Lucia Acar. UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil

Andrés Acosta Aguinaga. Escuela Toulouse Lautrec, Campus Chacarilla, Perú

Jeimy Johana Acosta Fandiño. Universidad de Ibagué, Colombia

Ileana Grisel Addisi. Universidad Nacional de José Clemente Paz - UNPAZ, Argentina

Omar Alejandro Afanador Ortiz. UDI - Universidad de Investigación y Desarrollo, Colombia

José María Aguirre. UNC - Universidad Nacional de Córdoba, Argentina

Miguel Alfonso Olivares Olivares. Universidad de Valparaíso, Chile

Luciana Allegretti. USP - Universidade de São Paulo, Brasil

Fernando Alberto Alvarez Romero. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Colombia

Jaime Eduardo Alzate Sanz. Universidad de Caldas, Colombia

Ibar Federico Anderson. Universidad Nacional de la Plata - UNLP, Argentina

Renato Antonio Bertão. Universidade Positivo, Brasil

Alexandre Sá Barretto da Paixão. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil

Edurne Battista. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria - INTA, Argentina

Gabriel Bernal García. Escuela de Artes y Letras, Institucion Universitaria, Colombia

Maria del Rosario Bernatene. UCA - Universidad Católica Argentina, Argentina

Griselda Bertoni. UNL - Universidad Nacional del Litoral, Argentina

Federico Alberto Alvise Maria Brunetti. Liceo Artistico Statale "di Brera", Italia

Lia Calabre. UFF - Universidade Federal Fluminense, Brasil

Danilo Calvache Cabrera. Universidad de Nariño, Colombia

Celso Carnos Scaletsky. Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Brasil

Horacio Casal. Universidad Nacional de Río Negro, Argentina

Jennyfer Alejandra Castellanos Navarrete. Universidad de Nariño, Colombia

Azul Kikey Castelli Olvera. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México

Jorge Manuel Castro Falero. Universidad de la Empresa, Uruguay

Leobardo Armando Ceja Bravo. Universidad De La Salle Bajío, México

José Ángel Chavarría Nieto. Universidad De La Salle Bajío, México

Rodrigo Cisternas Osorio. Universidad Casa Grande, Ecuador

Cayetano Cruz García. Universidad de Extremadura, España

Ursula Rosa Da Silva. UFPEL - Universidad Federal de Pelotas, Brasil

Ramiro de León de Armas. Universidad de la Empresa, Uruguay

Javier de Ponti. Universidad Nacional de la Plata - UNLP, Argentina

Gloria Carolina Escobar Guillén. Universidad Rafael Landívar, Guatemala

Luiz Augusto Fernandes Rodrigues. UFF - Universidade Federal Fluminense, Brasil

María Belén Franco. UNC - Universidad Nacional de Córdoba, Argentina

Patricia Cecilia Galletti. UNSAM - Universidad Nacional de San Martín, Argentina

Yaffa Nahir Ivette Gómez Barrera. Universidad Católica de Pereira, Colombia

Sandra Virginia Gómez Mañón. Universidad Iberoamericana, República Dominicana

Lizeth Vanessa Guerrero Serrano. Instituto Tecnológico Universitario Cordillera, Ecuador

Victor Guijosa Frago. Universidad Anáhuac, México

Martha Gutierrez Miranda. Universidad Autónoma de Querétaro, México

Mónica Jacobo. UNC - Universidad Nacional de Córdoba, Argentina

Denise Jorge Trindade. Universidade Estácio de Sá, Brasil

José Korn Bruzzone. Universidad Tecnológica de Chile, Chile

Diego Felipe Larriva Calle. Universidad del Azuay, Ecuador

Mabel Amanda López. UBA - Universidad de Buenos Aires, Argentina

Ricardo López León. Universidad Autónoma de Aguascalientes, México

Rebeca Isadora Lozano Castro. Universidad Autónoma de Tamaulipas, México

Carlos Manuel Luna Maldonado. Universidad de Pamplona, Colombia

Mariela Marchisio. UNC - Universidad Nacional de Córdoba, Argentina

María Cecilia Mariaca Cardozo. Universidad Católica Boliviana San Pablo, Bolivia

Jimena Mariana García Ascolani. Universidad del Pacífico, Paraguay

Beatriz Sonia Martínez. Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina

Mercedes Martínez González. Universidad Nacional Autónoma de México, México

Alban Martínez Gueyraud. Universidad Columbia del Paraguay, Paraguay

Maria de los Angeles Martini. UBA - Universidad de Buenos Aires, Argentina

Sialia Karina Mellink Méndez. CETYS Universidad, Campus Ensenada, México

Jenny Yolanda Montenegro Araujo. Instituto Metropolitano de Diseño, Ecuador

Hernán Ovidio Morales Calderón. Universidad Rafael Landívar, Guatemala

Nora Angélica Morales Zaragoza. Universidad Autónoma Metropolitana México, México

Claudia Mourthé. UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil

Gloria Mercedes Múnera Álvarez. Corporación Universitaria UNITEC, Colombia.

Alejandro Daniel Murga González. Universidad Autónoma de Baja California, México

Helois Nazaré Dos Santos. UEMG - Universidad do Estado de Minas Gerais, Brasil

Alan Neumarkt. Universidad Nacional de Mar del Plata - UNMdP, Argentina

Jimena Vanina Odetti. Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henriquez, México

Joel Olivares Ruiz. Universidad Gestalt de Diseño, México

Guido Olivares Salinas. Universidad de Playa Ancha, Chile

José Tomás Pachajoa. Universidad Católica de Colombia, Colombia

Ana Beatriz Pereira de Andrade. UNESP - Universidade Estatal Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Brasil

Nicolás Pinkus. Universidad Nacional de Lanús, Argentina

Rodrigo Pissetti. UniDBSCO - Centro Universitário Unidombosco, Brasil

Dolly Viviana Polo Florez. Universidad de San Buenaventura, Colombia

Julio Enrique Putallaz. UNNE - Universidad Nacional del Nordeste, Argentina

Paula Rebello. Universidade de Vassouras, Brasil

Edgard David Rincón Quijano. Universidad del Norte, Colombia

Carlos Roberto Soto. Corporación Universitaria UNITEC, Colombia

Stephanie Romero Marquez. Universidad del Arte Ganexa, Panamá

Alfonso Ruiz Rallo. Universidad de La Laguna -ULL, España

Eduardo Russo. Universidad Nacional de la Plata - UNLP, Argentina

Edgar Saavedra Torres. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Colombia

Jorge Santamaría Aguirre. Universidad Técnica de Ambato, Ecuador

Marcia de Noronha Santos Ferrán. UFF - Universidade Federal Fluminense, Brasil

Fabián Bautista Saucedo. CETYS Universidad, Campus Tijuana, México

María Liliana Serra. UNL - Universidad Nacional del Litoral, Argentina

Ángel Souto. IAVQ - Instituto Tecnológico Superior Universitario de Artes Visuales, Ecuador

Ana María Torres Fragoso. UANL - Universidad Autónoma de Nuevo León, México

Fanny Monserrate Tubay Zambrano. Universidad de Cuenca, Ecuador

Mario Fernando Uribe. Universidad Autónoma de Occidente, Cali, Colombia

Xinia Varela Sojo. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica

Rafael Vivanco. USIL - Universidad San Ignacio de Loyola, Perú.

Cuaderno 314

Cuadernos del Centro de Estudios en Diseño y Comunicación [Ensayos]

Año 29
Número 314
2026/2027
ISSN 1668-0227

Cuaderno de Investigación en Neuroarquitectura

V. Salinas: Prólogo | **J. Bermudez, D. Krizaj, D. L. Lipschitz, C. E. Bueler, Jadwiga Rogowska, D. Yurgelun-Todd y Y. Nakamura:** Estados meditativos inducidos externamente: un estudio exploratorio de fMRI de las respuestas de arquitectos a la arquitectura contemplativa | **V. Salinas:** Diseño del aula, percepción ambiental y aprendizaje: estudio exploratorio en un entorno educativo real | **B. L. Brusilovsky Filer:** Inclusión: accesibilidad cognitiva y para la integración sensorial. Coordenadas espaciales para el diseño: urbanismo y arquitectura | **V. Martín Pons:** Materialidad neuroinclusiva: criterios para la selección de materiales de interior en espacios habitados por personas autistas | **E. S. Rocha, Antonio García-Anacleto y J. Francisco Armendáriz-López:** Respuesta Emocional a Paisajes en Ventanas Arquitectónicas Mediante Realidad Virtual Inmersiva | **J. Olivos Daza:** Neuroarquitectura del aula universitaria: el entorno espacial como variable cognitiva en el desarrollo de funciones ejecutivas | **M. E. Avale:** Fundamentos neurocientíficos de diseño terapéutico para personas con demencia | **C. M. Doratto:** Neuropaisajismo escolar: un modelo salutogénico de infraestructura de cuidado para la neurodiversidad en el sistema educativo argentino | **C. Basualdo Bodart:** El color como signo de transformación del entorno subjetivo. Memoria sensible, la piel y el mundo | **A. Nuñez Calderon:** La tipología polibloque hospitalaria desde la neuroarquitectura: análisis del partido general del Hospital de Chillán | **M. Lapid-Volosin:** Arquitectura, emoción y experiencia espacial. Contribuciones de la neurociencia al estudio del entorno construido | **M. del Pilar Pinzón Rueda:** Neuroarquitectura educativa: diseñar espacios que respeten la diversidad | **F. Mazzetti:** Neuroiluminación: la luz y la relación con el ser humano | **Y. Olguin y D. Orfila:** Contaminación electromagnética, síndrome de hipersensibilidad electromagnética y asociación con tumores de la vía auditiva.

Instituto de Investigación en Diseño.
Facultad de Diseño y Comunicación.
Universidad de Palermo. Buenos Aires.



Cuadernos del Centro de Estudios en Diseño y Comunicación, es una publicación académica internacional y periódica, del Instituto de Investigación en Diseño de la Facultad de Diseño y Comunicación de la Universidad de Palermo que se edita ininterrumpidamente desde el año 2000.

Los **Cuadernos** reúnen los resultados de los Proyectos de las diferentes Líneas del Instituto de Investigación, muchos de ellos realizados en colaboración con instituciones académicas nacionales e internacionales.

Varias ediciones de **Cuadernos** documentan Proyectos que pertenecen a Líneas de Investigación vinculadas y/o articuladas con los Posgrados de Diseño de la Universidad de Palermo (Maestría en Gestión del Diseño, que se dicta desde el año 2002 y Doctorado en Diseño, que se edita desde el año 2014).

Cuadernos en el año 2007, fue reconocida por su calidad por el entonces Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de la República Argentina, e incorporada al Núcleo Básico de Revistas Científicas Argentinas (NBR), que es un proyecto del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) de la República Argentina, en la Categoría Ciencias Sociales y Humanidades. Desde ese año, la publicación permanece en este NBR mejorando sus sucesivas evaluaciones (2010, 2013, 2016, 2019) hasta el presente.

En la actualidad **Cuadernos** tiene una edición papel (ISSN 1668-0227) y una digital (ISSN 1853-3523). La publicación está indizada en Scielo (Scientific Electronic Library OnLine), en Latindex, en Dialnet, en Ebsco Information Services y forma parte del sistema OJS (Open Journal Systems).

Los contenidos completos de todas las ediciones de **Cuadernos** están disponibles, en forma libre y gratuita, como también las instrucciones para la presentación de originales, en el siguiente sitio de la Facultad: palermo.edu/cuadernosdc

Los contenidos y opiniones publicados en los artículos de la presente edición, es responsabilidad absoluta de cada autor.

Instituto de Investigación en Diseño.
Facultad de Diseño y Comunicación.
Universidad de Palermo. Buenos Aires.
2026/2027

Cuaderno de Investigación en Neuroarquitectura

Prólogo

Vanina Salinas p. 11

Estados meditativos inducidos externamente: un estudio exploratorio de fMRI de las respuestas de arquitectos a la arquitectura contemplativa

Julio Bermudez, David Krizaj, David L. Lipschitz, Charles Elliott Bueler,
Jadwiga Rogowska, Deborah Yurgelun-Todd y Yoshio Nakamura p. 15

Diseño del aula, percepción ambiental y aprendizaje: estudio exploratorio en un entorno educativo real

Vanina Salinas p. 47

Inclusión: accesibilidad cognitiva y para la integración sensorial. Coordenadas espaciales para el diseño: urbanismo y arquitectura

Berta L. Brusilovsky Filer p. 69

Materialidad neuroinclusiva: criterios para la selección de materiales de interior en espacios habitados por personas autistas

Verónica Martín Pons p. 87

Respuesta Emocional a Paisajes en Ventanas Arquitectónicas Mediante Realidad Virtual Inmersiva

Eduardo S. Rocha, Antonio García-Anacleto y José Francisco Armendáriz-López p. 115

Neuroarquitectura del aula universitaria: el entorno espacial como variable cognitiva en el desarrollo de funciones ejecutivas Jaime Olivos Daza	p. 135
Fundamentos neurocientíficos de diseño terapéutico para personas con demencia María Elena Avale	p. 149
Neuropaisajismo escolar: un modelo salutogénico de infraestructura de cuidado para la neurodiversidad en el sistema educativo argentino Claudio Marcelo Doratto	p. 157
El color como signo de transformación del entorno subjetivo. Memoria sensible, la piel y el mundo Cristina Basualdo Bodart	p. 173
La tipología polibloque hospitalaria desde la neuroarquitectura: análisis del partido general del Hospital de Chillán Andrea Nuñez Calderon	p. 179
Arquitectura, emoción y experiencia espacial. Contribuciones de la neurociencia al estudio del entorno construido Marta Lapid-Volosin	p. 189
Neuroarquitectura educativa: diseñar espacios que respeten la diversidad María del Pilar Pinzón Rueda	p. 197
Neuroiluminación: la luz y la relación con el ser humano Fernando Mazzetti	p. 217
Contaminación electromagnética, síndrome de hipersensibilidad electromagnética y asociación con tumores de la vía auditiva Yanina Olguin y Daniel Orfila	p. 227
Publicaciones del CEDyC	p. 237
Síntesis de las instrucciones para autores	p. 239

Resumen: Se enmarca a la neuroarquitectura como un campo emergente que promueve una revisión profunda de los fundamentos y del modo en que la arquitectura produce y valida conocimiento, ampliando sus alcances y responsabilidades. Desde esta perspectiva, el entorno construido es abordado como un sistema activo capaz de incidir en los procesos cognitivos, emocionales y conductuales que configuran la experiencia humana. En este contexto, el Cuaderno de Investigación en Neuroarquitectura, entendido como un campo que integra aportes de las neurociencias y las ciencias del comportamiento aplicadas al entorno construido, se posiciona como un espacio de producción, articulación y validación de conocimiento interdisciplinar. La incorporación de evidencia científica permite fundamentar las decisiones proyectuales, al tiempo que redefine el rol del arquitecto como un agente capaz de interpretar y traducir conocimiento complejo en estrategias de diseño orientadas al bienestar y la calidad de vida. Los trabajos reunidos contribuyen a la consolidación de un campo en construcción, promoviendo una práctica proyectual más consciente, crítica y centrada en la relación entre el entorno y el ser humano.

Palabras clave: Neuroarquitectura – entorno construido – experiencia espacial – diseño basado en evidencia – interdisciplinariedad – bienestar – procesos cognitivos – comportamiento humano

El presente número (314) de la publicación Cuadernos del Centro de Estudios en Diseño y Comunicación: “Cuaderno de Investigación en Neuroarquitectura”, se inscribe en la Línea de Investigación (22) Creatividad, emoción y espacio, dirigida por Sandra Navarrete y contiene los proyectos coordinados por Vanina Salinas, del Instituto de Investigación.

[Resúmenes en inglés y portugués en la página 17]

(1) Ver CV en pág. 14

El campo de la arquitectura atraviesa, en la actualidad, un proceso de revisión profunda respecto de sus fundamentos, sus alcances y sus responsabilidades. En este contexto, la neuroarquitectura se consolida como un ámbito emergente de investigación que propone reconfigurar la manera en que comprendemos, proyectamos y habitamos el entorno construido, incorporando evidencia proveniente de las ciencias cognitivas y del comportamiento humano.

Este Cuaderno de Investigación se inscribe en esa línea de trabajo, como un espacio de producción, articulación y difusión de conocimiento que reconoce al ambiente no como un soporte neutro, sino como un agente activo en la experiencia humana. Lejos de una concepción exclusivamente material o formal, el espacio es entendido aquí en su capacidad de incidir en procesos cognitivos, emocionales y conductuales, afectando de manera directa la forma en que las personas perciben, sienten, aprenden y se relacionan.

Abordar la arquitectura desde esta perspectiva implica necesariamente ampliar el campo disciplinar. Supone incorporar una mirada que contemple al ser humano en su complejidad, integrando dimensiones físicas, cognitivas, emocionales, sociales y, en muchos casos, también simbólicas o culturales. Esta ampliación no diluye el rol del arquitecto, sino que lo redefine: lo posiciona como un profesional capaz de interpretar, traducir y materializar conocimiento interdisciplinar en decisiones proyectuales concretas.

En este sentido, la producción que reúne este Cuaderno pone en evidencia la importancia del trabajo colaborativo entre disciplinas. La arquitectura, en diálogo con la neurociencia, la psicología, la educación y la salud, encuentra nuevas herramientas para fundamentar sus decisiones y fortalecer sus procesos de diseño. La incorporación de evidencia científica no reemplaza la intuición proyectual, pero sí permite validarla, enriquecerla y situarla en un marco de mayor rigor.

Asimismo, este compendio refleja una preocupación creciente por el bienestar como dimensión central del diseño. Diseñar implica, cada vez más, asumir que los espacios que configuramos tienen un impacto concreto en la calidad de vida de las personas. Desde esta perspectiva, la arquitectura se posiciona no solo como una disciplina técnica o estética, sino como una práctica con implicancias humanas, sociales y éticas.

El presente Cuaderno de Investigación reúne aportes que, desde distintos enfoques y escalas, exploran estas problemáticas. Cada uno de los trabajos aquí incluidos contribuye a consolidar un cuerpo de conocimiento en construcción, que busca no solo comprender mejor la relación entre el entorno y el ser humano, sino también ofrecer herramientas para intervenir en ella de manera consciente y fundamentada.

En un escenario donde los desafíos contemporáneos exigen respuestas cada vez más integrales, este tipo de iniciativas resulta fundamental. Generar conocimiento, sistematizar experiencias y abrir espacios de reflexión crítica no solo fortalece el campo académico, sino que también amplía las posibilidades de acción profesional.

Este Cuaderno se presenta, entonces, como una invitación a repensar la arquitectura desde una perspectiva ampliada, en la que diseñar implica, necesariamente, comprender a quién diseñamos y cómo los espacios que proyectamos participan en la construcción de esa experiencia.

Abstract: Neuroarchitecture is framed as an emerging field that promotes a profound revision of the foundations of architecture and the ways in which knowledge is produced and validated, expanding its scope and responsibilities. From this perspective, the built environment is understood as an active system capable of influencing the cognitive, emotional, and behavioral processes that shape human experience. In this context, the Research Notebook in Neuroarchitecture, conceived as a field that integrates contributions from neuroscience and behavioral sciences applied to the built environment, is positioned as a space for the production, articulation, and validation of interdisciplinary knowledge. The incorporation of scientific evidence enables the grounding of design decisions, while redefining the role of the architect as an agent capable of interpreting and translating complex knowledge into design strategies oriented toward well-being and quality of life. The collected works contribute to the consolidation of a field in development, promoting a more conscious, critical, and human-centered design practice.

Palabras clave: Neuroarchitecture – built environment – spatial experience – evidence-based design – interdisciplinarity – well-being – cognitive processes – human behavior

Resumo: A neuroarquitetura é apresentada como um campo emergente que promove uma revisão profunda dos fundamentos da arquitetura e das formas pelas quais o conhecimento é produzido e validado, ampliando seus alcances e responsabilidades. Nessa perspectiva, o ambiente construído é compreendido como um sistema ativo capaz de influenciar os processos cognitivos, emocionais e comportamentais que configuram a experiência humana. Nesse contexto, o Caderno de Pesquisa em Neuroarquitetura, entendido como um campo que integra contribuições das neurociências e das ciências do comportamento aplicadas ao ambiente construído, posiciona-se como um espaço de produção, articulação e validação de conhecimento interdisciplinar. A incorporação de evidências científicas permite fundamentar as decisões projetuais, ao mesmo tempo em que redefine o papel do arquiteto como um agente capaz de interpretar e traduzir conhecimentos complexos em estratégias de projeto orientadas ao bem-estar e à qualidade de vida. Os trabalhos reunidos contribuem para a consolidação de um campo em desenvolvimento, promovendo uma prática projetual mais consciente, crítica e centrada na relação entre o ambiente e o ser humano.

Palavras-chave: Neuroarquitetura – ambiente construído – experiência espacial – projeto baseado em evidências – interdisciplinaridade – bem-estar – processos cognitivos – comportamento humano

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

Vanina Salinas. Arquitecta y urbanista (UNC, Argentina), con posgrado en Arquitectura Interior (UBA) y formación en neurociencias aplicadas a la arquitectura (MBA en curso, Brasil). Es presidenta de la Fundación CON NEUROARQ®, desde donde lidera investigación, formación y difusión en Latinoamérica. Dirige el Diplomado en Neuroarquitectura y es miembro de ANFA y ACE. Es autora del libro *Neuroarquitectura: Diseñar con ciencia, un espacio a la vez* (2025). Su trabajo integra evidencia científica y diseño para comprender cómo los espacios influyen en la experiencia, el comportamiento y el aprendizaje.

Estados meditativos inducidos externamente: un estudio exploratorio de fMRI de las respuestas de arquitectos a la arquitectura contemplativa

Julio Bermudez, David Krizaj, David L. Lipschitz, Charles Elliott Bueler, Jadwiga Rogowska, Deborah Yurgelun-Todd y Yoshio Nakamura⁽¹⁾

Resumen: Los ambientes construidos pueden inducir estados contemplativos, pero faltan evidencias directas de su impacto en el cerebro. Este trabajo exploratorio investigó los correlatos cerebrales de estados internos provocados por arquitecturas diseñadas para generar experiencias contemplativas. Se estudiaron las respuestas de 12 arquitectos ante fotografías de arquitecturas comunes y contemplativas, mediante imágenes de resonancia magnética funcional (fMRI) y autoinformes. Las fotos de edificios contemplativos: (1) indujeron experiencias atentas, receptivas y absorbentes, y disminuyeron el diálogo interno; (2) produjeron una disminución en el uso de la corteza prefrontal; y (3) activaron el lóbulo occipital, el giro precentral y el lóbulo parietal inferior. Estos resultados sugieren que la observación de edificios diseñados para la contemplación puede evocar estados fenomenológicos y cerebrales que difieren de manera consistente de aquellos inducidos por edificios que cumplen funciones cotidianas. La profundidad de tales estados inducidos externamente se correlacionó negativamente con la activación de la Red por Defecto. Nuestro estudio apunta a una nueva manera de investigar cómo la contemplación puede cultivarse en el cerebro/mente humano.

Palabras clave: contemplación - meditación - arquitectura - corporeidad - fenomenología - neurociencia

[Resúmenes en inglés y portugués en la página 44]

(1) Ver CVs en pág. 45

1. Introducción

Aunque interactuamos diariamente con un gran número de objetos prácticos, estéticos y religiosos, el impacto que la arquitectura tiene en nuestras vidas es uno de los más profundos producidos por los artefactos humanos. Pasamos hasta el 90% de nuestro tiempo

en edificios que pueden afectarnos en gran medida incluso cuando su influencia no se percibe conscientemente (Altman, 1975; Evans & McCoy, 1998; Hillier & Hanson, 1984; Rapoport, 1990). La creciente evidencia empírica indica que los entornos bien diseñados aumentan la atención plena, restauran la fatiga cognitiva, mejoran el bienestar, mantienen la salud y facilitan la sanación (Hiss, 1990; Kellert, Heerwagen, & Mador, 2008; Ouellette, Kaplan, & Kaplan, 2005; Sternberg, 2009). No resulta, por lo tanto, sorprendente que, desde la prehistoria, toda sociedad y cultura confíe a ciertas obras arquitectónicas (a menudo sagradas) la tarea de iniciar y mantener estados alterados (contemplativos) de conciencia (Barrie, 1996; Bergmann, 2012; Eliade, 1959; Hejduk & Williamson, 2011; Jones, 2000; Kieckhefer, 2004; Mann, 1993; Norberg-Schulz, 1974).

En el presente contexto, la contemplación/meditación se define como un estado de conciencia inducido intencionalmente, caracterizado por la atención en el momento presente, concentración focalizada y sostenida, relajación y ausencia de juicio (Boccia, Piccardi, & Guariglia, 2015; Bond et al., 2009; Cahn & Polich, 2006; Lutz, Brefczynski-Lewis, Johnstone, & Davidson, 2008; Nash & Newberg, 2013; Tang, Holzel, & Posner, 2015). En términos generales, los estados contemplativos pueden alcanzarse mediante (1) métodos Internamente Inducidos (IN-I), que dependen de la regulación y el enfoque internos, psicológicos o subjetivos (por ejemplo, contar la respiración, mantras, oración, monitoreo abierto, koans); y/o (2) condiciones Externamente Inducidas (EX-I), que dirigen y sostienen la atención hacia elementos perceptuales y objetivos (por ejemplo, iconografía, artefactos, entornos naturales o construidos, situaciones sociales), mediante la ubicación de la persona dentro de un contenedor cultural-religioso que optimiza la experiencia hierofánica. Los dos modos de suscitar estados contemplativos reflejan las dos direccionalidades de la mente humana: hacia eventos mentales independientes del estímulo/intrapersonales, o hacia objetivos perceptuales/extrapersonales orientados al estímulo (Burgess, Dumontheil, & Gilbert, 2007; Corbetta & Shulman, 2002; Nobre et al., 2004); que probablemente reflejan la activación de dos redes cerebrales globales que procesan estímulos intrínsecos (orientados internamente, autorreferenciales) y extrínsecos (orientados a tareas, hacia la realidad externa) (Golland et al., 2007; Josipovic, 2013). Las técnicas de visualización de imágenes u objetos en la meditación utilizan la misma lógica que la contemplación EX-I; sin embargo, es probable que se sitúen dentro de los métodos IN-I, ya que dependen de la imaginación y del esfuerzo subjetivo para operar (King & Brownstone, 1999; Kozhevnikov, Louchakova, Josipovic, & Motes, 2009; Lehmann et al., 2001).

Aunque los estados contemplativos pueden alcanzarse mediante métodos IN-I o EX-I, la gran mayoría de los estudios en neurociencia y medicina se han centrado en la meditación (o el entrenamiento meditativo) como una práctica autorregulada o impulsada internamente (Bishop et al., 2004; Cahn & Polich, 2006; Lutz et al., 2008; Nash & Newberg, 2013). Estos estudios han proporcionado información importante sobre el sustrato neural que subyace a la contemplación y los numerosos beneficios que puede conferir a sus practicantes, incluyendo mejoras en el rendimiento cognitivo, la regulación afectiva y la respuesta inmunológica; mayor sensación de bienestar; reducción de la ansiedad, depresión y estrés; aumento de la motivación; elevación de los umbrales del dolor; y crecimiento/proliferación de neuronas, entre otros (Brefczynski-Lewis, Lutz, Schaefer, Levinson, & Davidson, 2007; Carlson, Ursuliak, Goodey, Angen, & Speca, 2001; Davidson, 2004;

Grant, Courtemanche, & Rainville, 2011; Holzel et al., 2011; Jacobs et al., 2011; Lazar et al., 2005; Lutz et al., 2008; Moore & Malinowski, 2009; Slagter et al., 2007; Thompson, Arnkoff, & Glass, 2011; Williams, Kolar, Reger, & Pearson, 2001; Zeidan et al., 2015).

Sin embargo, estas investigaciones han tendido a excluir conjuntos de experiencias asociadas al uso de imágenes, objetos y ambientes que inducen la contemplación. La neuroestética y la neuroteología, dos enfoques basados en la neurociencia desarrollados recientemente, tienden a soslayar investigaciones empíricas de estados contemplativos EX-I (Aaen-Stockdale, 2012; Di Dio & Vittorio, 2009; Kawabata & Zeki, 2004; Newberg & D'Aquili, 1998; Schjoedt, 2009). Incluso cuando la arquitectura ha sido el centro de la investigación neurocientífica, esta se ha limitado principalmente a comprender los sustratos neurales asociados con la orientación espacial, la percepción evaluativa de la belleza u otras respuestas no contemplativas (Eberhard, 2009a, 2009b; Mallgrave, 2010; Vartanian et al., 2015). Esfuerzos recientes en neurociencia están comenzando a considerar el impacto emocional y psicológico de la arquitectura (Fich et al., 2014; Ma, Hu y Wang, 2015; Robinson y Pallasmaa, 2015), mientras que la investigación en psicología que documenta el potencial restaurador de entornos contemplativos está creciendo (Herzog, Ouellette, Rolens, & Koenigs, 2010; Ouellette et al., 2005), y los estudios fenomenológicos han señalado un vínculo experiencial sugerente entre edificios construidos para provocar experiencias y estados meditativos (Bermudez, 2009, 2011a, 2011b). Estas consideraciones nos llevaron a emprender una investigación sobre los correlatos neurales de la experiencia contemplativa basada en la arquitectura.

El objetivo estratégico de este primer estudio piloto fue explorar este nuevo campo de investigación con el fin de desarrollar la justificación y el marco conceptual para futuras investigaciones científicas. Específicamente, nuestro estudio exploratorio empleó dos condiciones arquitectónicas. La condición de Control incluyó fotos de edificios que no estaban diseñados para inducir respuestas meditativas (por ejemplo, oficina, vivienda, centro comercial), mientras que la condición Experimental incluyó fotos de edificios diseñados para fomentar la contemplación (por ejemplo, templo, iglesia, patio). La selección de estos últimos fue hecha entre las 10 obras arquitectónicas más citadas como provocadores de respuestas experienciales profundas en una encuesta sobre el tema (Bermudez, 2009; Friston, Frith, Frackowiak, & Turner, 1995). Arquitectos profesionales (sin entrenamiento previo en meditación) participaron en el estudio, el cual fue realizado con la aprobación del IRB (Institutional Review Board) de la institución donde se llevó a cabo la investigación. Los sujetos fueron colocados dentro del escáner fMRI e instruidos a experimentar las imágenes como si estuvieran presentes en el espacio mostrado en ellas. Los edificios se presentaron mediante una sucesión de fotografías que simulaban un recorrido real desde el exterior hacia el interior. Se utilizaron tres cuestionarios (uno después de cada bloque y una entrevista final) para recoger datos fenomenológicos.

Aquí, nuestro objetivo es documentar diferencias en los patrones de activación cerebral y en los estados subjetivos desencadenados por edificios “contemplativos” frente a “comunesún”, de manera similar a las diferencias entre estados mentales meditativos y regulares. En segundo lugar, planteamos la hipótesis de que la contemplación inducida por la arquitectura podría ser procesada diferencialmente por regiones cerebrales que sustentan nuestras interacciones con la realidad externa (regiones occipitales, parietales,

precentrales, cerebelosas, la ínsula), aun cuando estas regiones puedan estar desactivadas en estados contemplativos IN-I. En tercer lugar, dado que los sujetos se concentrarían de forma natural (es decir, sin esfuerzo) en estímulos externos fuertes y atractivos, esperábamos observar una necesidad significativamente menor de autorregulación y atención ejecutiva y, en consecuencia, un grado mucho menor de activación de la corteza prefrontal dorsolateral o dorsomedial (Corteza Prefrontal) que el reportado en estudios previos de estados meditativos IN-I (Baron Short *et al.*, 2010; Brefczynski-Lewis *et al.*, 2007; Cahn & Polich, 2006; Holzel *et al.*, 2007; Lazar *et al.*, 2005; Shimomura *et al.*, 2008). Por último, al igual que en la meditación IN-I, esperábamos que la contemplación EX-I redujera significativamente el diálogo interno (por ejemplo, divagación mental), posiblemente interrumpiendo el yo narrativo y sus procesos mentales concomitantes que presumiblemente están sostenidos por la Red por Defecto (Brewer *et al.*, 2011; Farb *et al.*, 2007; Tagini & Raffone, 2010).

2. Materiales y Métodos

2.1 Sujetos Participantes

Trece varones sanos, caucásicos, hablantes nativos de inglés, con visión 20/20 (natural o corregida) y diestros (edad media = 32,0 años, rango 26–48) participaron en este estudio. Un sujeto fue eliminado del estudio con base en el criterio de exclusión de practicar meditación regularmente, lo cual se descubrió durante la entrevista final tras su participación. Todos los sujetos estaban formados como arquitectos (educación arquitectónica media: 4,0 años) y trabajaban en arquitectura (actividad profesional media: 5,4 años). Su formación y práctica arquitectónica se traducían en al menos 15.000 horas para el sujeto promedio de 32 años y más de 35.000 horas para el participante de mayor edad. La justificación para seleccionar a arquitectos como sujetos es similar a la de elegir meditadores expertos, al demostrar los efectos de la meditación en el laboratorio (Lutz, Dunne, & Davidson, 2007). En el caso de los arquitectos, su sensibilidad hacia los ambientes diseñados les permitiría apreciar, experimentar e involucrarse en obras contemplativas con mayor intensidad que lo esperado en el público general. Nuestro grupo de sujetos consistió en un subconjunto de arquitectos profesionales cuya sensibilidad arquitectónica fue confirmada por (1) sus respuestas a una encuesta sobre “Experiencias Arquitectónicas Extraordinarias” (EAE) realizada por Bermudez (Bermudez, 2008, 2009), o (2) su participación en un curso de formación en sensibilidad hacia experiencias arquitectónicas en el programa de arquitectura de la institución donde se realizó la investigación durante los últimos 10 años. Aunque esta selección particular limita la validez externa, consideramos que este grupo nos daría la mejor oportunidad de demostrar que estados mentales similares a la meditación pueden presentarse en respuesta a edificios diseñados para la contemplación, lo que aumentaría la validez interna. A todos los sujetos se les proporcionó el formulario de consentimiento informado al menos 10 días antes del experimento

para su revisión. En el momento de su participación, los investigadores revisaron nuevamente el consentimiento con los sujetos, quienes lo firmaron antes de comenzar la sesión de fMRI. Copias de estos documentos fueron retenidas por el investigador principal. El Comité de Revisión Institucional aprobó todos los aspectos del estudio (IRB_00037275).

2.2 Presentación del Estímulo

Durante la parte de fMRI del estudio, utilizamos cuatro imágenes de cada edificio para simular una experiencia arquitectónica dinámica. Las fotografías fueron seleccionadas para (a) transmitir la esencia fenomenológica del edificio en cuestión y (b) proporcionar al observador un recorrido progresivo y peatonal desde el exterior hacia el interior del edificio, con el fin de mostrar su naturaleza espacio-temporal. Los cinco edificios que inducen contemplación – el Panteón (Roma), la Catedral de Chartres (Francia), la Alhambra (España), la Capilla de Ronchamp (Francia) y el Instituto Salk (California, EE.UU.) – fueron seleccionados entre los 10 edificios más citados por provocar una Experiencia Arquitectónica Extraordinaria (EAE) en la encuesta de Bermudez (2008, 2009). Los cinco edificios comunes fueron seleccionados por ser ejemplos de tipologías arquitectónicas funcionales típicas de la vida contemporánea estadounidense: una escuela secundaria, un edificio de oficinas en el centro urbano, una vivienda suburbana unifamiliar, un centro comercial y una vivienda multifamiliar en la ciudad. Los estímulos se presentaron con una resolución de pantalla de 1024x768 píxeles. El Apéndice A incluye todas las imágenes mostradas a los sujetos.

La presentación de los estímulos se organizó en dos bloques: uno de edificios comunes (bloque Control) y otro de edificios que inducen la contemplación (bloque Experimental). Empleamos esta estrategia para controlar: (a) la estimulación visual de las áreas visuales primarias, que deberían ser igualmente estimuladas por ambos bloques, y (b) la contaminación experiencial (o efecto de arrastre) entre imágenes. Se esperaba que mantener el mismo tipo de edificios juntos dentro del mismo bloque (es decir, Control vs. Experimental) facilitara la consistencia y la continuidad durante un periodo limitado de tiempo (por ejemplo, 10 minutos por bloque). Dado que estábamos interesados en medir una respuesta experiencial, este enfoque mitigó la posibilidad de que alternar entre los dos tipos de imágenes arquitectónicas impidiera la continuidad y la profundidad de la experiencia necesarias para que surgiera y se mantuviera un estado contemplativo. Como este era el primer estudio piloto de nuestro programa de investigación, buscamos crear las condiciones óptimas para maximizar los posibles efectos de imágenes arquitectónicas sucesivas y relacionadas en los sujetos. Con el fin de evitar la posibilidad de niveles iniciales elevados de ansiedad y activación debido a la novedad del entorno experimental, los participantes tuvieron un período preparatorio y de habituación de 10 minutos dentro del escáner antes de que se les presentaran las imágenes (Chapman, Bernier, & Rusak, 2010; Lueken, Muehlhan, Evens, Wittchen & Kirschbaum, 2012).

2.3 Paradigma experimental de fMRI

El paradigma consistió en dos condiciones en el siguiente orden: bloque Control (edificios comunes) y bloque Experimental (edificios contemplativos). Este orden se utilizó para maximizar la probabilidad de observar posibles diferencias entre ambos bloques. Dado que no sabíamos de antemano cuánto durarían los efectos residuales de cada bloque (especialmente del Experimental), anticipamos que el orden fijo (Control seguido de Experimental) ofrecería una oportunidad razonable para investigar si ambos bloques producían patrones distintos de activación cerebral en este estudio exploratorio. Además, la falta de financiación impidió realizar sesiones de MRI en días diferentes para cada bloque, lo que habría eliminado en gran medida cualquier contaminación por arrastre. Sin embargo, consideramos que el efecto de arrastre del bloque Control no sería lo suficientemente fuerte como para enmascarar completamente las actividades cerebrales inducidas en el bloque Experimental, lo que llevó a la selección de este orden fijo. Aparte de su contenido visual, el formato, la duración y la presentación de ambos bloques fueron idénticos. Cada bloque comenzó con una línea base de 40 segundos (pantalla gris), seguido de cinco secciones de 80 segundos cada una (presentaciones de diapositivas) separadas por un tiempo de recuperación de 40 segundos (pantalla gris). Cada sesión de 80 segundos presentaba un edificio específico y estaba compuesta por 4 diapositivas que aparecían a una velocidad de una cada 20 segundos. Por lo tanto, diez ciclos alternados de reposo/activación (40 s de apagado, 80 s de encendido) componían cada condición. El tiempo total por condición fue de 600 segundos (10 minutos). Los estímulos visuales se presentaron mediante un sistema de video controlado por una computadora Macintosh dentro del escáner.

Antes de cada condición, se instruyó a los participantes a entrar en un estado experiencial mediante la siguiente narrativa: *“Le pedimos que se relaje, esté presente e intente imaginarse a sí mismo en los lugares que se le mostrarán y experimentarlos. Nos interesa su respuesta perceptiva, emocional o intuitiva, no su juicio crítico. Por lo tanto, imagínese transportado a los edificios mostrados en las imágenes. Simplemente esté presente en ese lugar y en esa situación, y deje que la experiencia sea lo que tenga que ser. Por favor, concéntrese en la imagen y solo en la imagen.”* La intención fue inducir una actitud más cercana a la de las personas que realmente interactúan con los edificios. También fue coherente con nuestro interés en captar estados contemplativos inducidos. Cabe señalar que estas instrucciones pudieron influir en las respuestas de los sujetos.

Tras la finalización de cada bloque, se pidió a los sujetos que evaluaran su nivel de “presencialidad” (“¿cuán consciente eres de estar aquí y ahora, en este momento?”) y de diálogo interno (“¿cuánto pensamiento crítico o racional estuviste realizando durante el bloque?”) utilizando una escala de 0 a 10 (0 = nada en absoluto y 10 = muy alto). Una vez completados ambos bloques, los sujetos fueron retirados del escáner y, en una sala privada, se les presentó una entrevista final: primero, en forma de un cuestionario escrito de quince minutos, que completaron por sí mismos, y luego, mediante un diálogo cara a cara con el investigador. La parte escrita tenía 13 preguntas destinadas a discernir (a) el nivel de atención/participación del sujeto durante las pruebas, (b) el estado fenomenológico durante cada bloque (por ejemplo, enfoque experiencial, cualidad, carácter, y resultado), (c) el grado de

sensibilidad arquitectónica, y (d) la propia evaluación de las diferencias entre los dos bloques. El cuestionario incluía tanto preguntas de opción múltiple como preguntas abiertas. Véase el Apéndice B. La parte oral proporcionó a los investigadores la valiosa oportunidad de interactuar con cada sujeto, de verificar nuestra interpretación de sus respuestas en la parte escrita y de ofrecerles tiempo para ampliar o aclarar, si lo deseaban. La duración total del experimento fue de aproximadamente 65 minutos. Además de producir clasificaciones basadas en la autoevaluación de los sujetos después de cada bloque, utilizamos los datos del cuestionario/entrevista final (o de salida) para generar una escala de “profundidad de la experiencia” durante el bloque Experimental basada en seis criterios: (1) respuesta emocional positiva; (2) identificación (es decir, pérdida del sentido del yo en relación con la absorción perceptual); (3) “transportación” (es decir, la capacidad del sujeto para estar en el edificio mostrado); (4) apreciación, relajación, paz y belleza; (5) intensidad experiencial; y (6) conectividad.

2.4 Obtención de datos de imagen

La obtención de imágenes estructurales y funcionales se realizó enUCAIR (University Center for Advanced Imaging Research) de la Universidad de Utah utilizando un escáner Siemens Trio de 3T. Las adquisiciones estructurales incluyen una secuencia T1-weighted 3D MPRAGE grappa adquirida sagitalmente, con TE/TR/TI=3,38ms/2,0s/1,1s, flip de 8°, matriz de adquisición de 256x256, FOV de 256 mm², 160 cortes. El protocolo de escaneo consistió en una adquisición inicial MPRAGE isotrópica de 1 mm adquirida en el plano axial para una plantilla anatómica. Cada sujeto también completó una secuencia fMRI BOLD (blood oxygen level dependent) echo planar imaging (EPI) con un TR=2 s, TE=28 ms al espacio-K central, matriz 64 x 64, imagen paralela con factor de aceleración GRAPPA de 2, grosor de corte=3 mm, FOV=220mm. Los paradigmas de escaneo duraron 600 segundos en cada condición (Control y Experimental). Después del escaneo, los datos originales de la imagen fueron transferidos desde el escáner en formato DICOM y anonimizados.

2.5 Procesamiento de imágenes de fMRI

Los datos de FMRI fueron analizados utilizando SPM 5 (Wellcome Department of Imaging Neuroscience, University College, London, UK) ejecutándose en Matlab (MathWorks, Natick, MA, EE. UU.). Inicialmente, los datos se corrigieron de artefactos de movimiento mediante un algoritmo de realineamiento intra-sesión que utiliza la primera imagen como referencia. Se utilizó como criterio de exclusión un movimiento de cabeza de 2 mm en cualquier dirección. Las imágenes realineadas fueron co-registradas a la imagen estructural de alta resolución de cada sujeto. Las imágenes anatómicas de los sujetos fueron normalizadas a la plantilla estándar T1 en el espacio estereotáctico del Montreal Neurological Institute (MNI). Luego, los parámetros de normalización de cada sujeto se aplicaron a las imágenes funcionales para normalizarlas al espacio MNI.

Las imágenes normalizadas fueron remuestreadas en vóxeles cúbicos de 3 mm y luego mejoradas espacialmente mediante un kernel gaussiano isotrópico de 6 mm de FWHM (full width at half maximum). Se utilizó como paradigma de referencia una forma de onda box-car de 600 segundos, convolucionada con la función de respuesta hemodinámica. Utilizando el modelo lineal general y el paradigma de referencia corregido hemodinámicamente, se generaron los SPM (statistical parametric maps) para cada sujeto y cada condición (Friston et al., 1995). Además, los efectos predeterminados de condición en cada vóxel se calcularon mediante el modelo fijo, generando mapas de activación media de las diferencias entre las condiciones Control y Experimental en cada sujeto para el análisis grupal. Estas imágenes fueron posteriormente introducidas en un modelo de segundo nivel, donde se realizaron tests de una muestra para los siguientes contrastes: Control, Experimental, Control>Experimental y Experimental>Control. El umbral de probabilidad se estableció en 0,001 no corregido y una extensión mínima de clúster (k) de 20 vóxeles contiguos para el análisis del cerebro completo. Las máscaras de región de interés (ROI –región of interest in English) fueron creadas utilizando el Atlas AAL (Tzourio-Mazoyer et al., 2002). Estas regiones incluyeron el lóbulo frontal, la corteza prefrontal, la corteza orbitofrontal, el lóbulo parietal inferior, el circuito límbico, la amígdala y la ínsula. El umbral estadístico para las ROI se estableció en 0,05 no corregido, y k se fijó en 20 vóxeles. Finalmente, con el fin de determinar la relación entre la activación cerebral durante las condiciones Control y Experimental y las respuestas fenomenológicas (clasificaciones para diálogo interno y profundidad de la experiencia), se realizaron análisis de regresión en $p < 0,001$ y $k = 20$. Las estructuras anatómicas reportadas se basan en el Atlas Talairach. En las tablas presentadas, añadimos una columna con el valor p a nivel de clúster corregido por FWE (Family-Wise Error), que muestra los valores p para los clústeres significativos con los valores p corregidos. Este procedimiento de corrección ha sido recomendado para su uso en el análisis de datos de fMRI (Bennett & Miller, 2010; Bennett, Wolford & Miller, 2009).

3. Resultados

3.1 Resultados fenomenológicos

Las respuestas a los cuestionarios produjeron marcadas diferencias fenomenológicas entre los bloques Control y Experimental. En términos de *calidad experiencial general*, el bloque Control fue percibido como “común” (100% de los sujetos), “convencional” (100%), “aburrido” (58%), “descripciones negativas” (25%) y “no bello” (92%). En contraste, las experiencias durante el bloque Experimental fueron consideradas como “bellas” (100%), “emocionales” (83%), “sin tiempo” (75%) y otras descripciones “positivas” (42%).

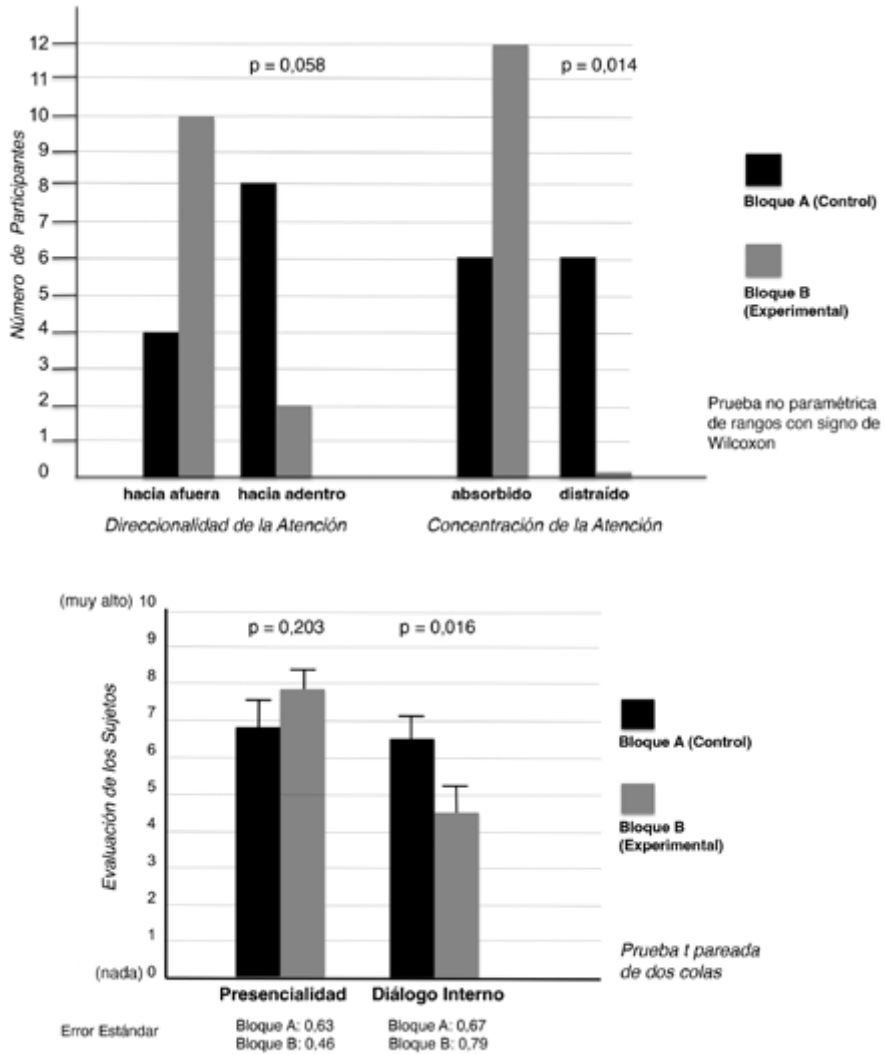


Figura 1. Respuestas autorreportadas de los participantes. (a) Direccionalidad y concentración de la atención durante los bloques Control y Experimental. (b) Autoevaluación posterior al bloque del estado experiencial con respecto a estar presente.

Con respecto al *impacto fenomenológico*, el bloque Control fue considerado como “olvidable” (100%), “trivial” (92%), “insatisfactorio” (58%), “descripciones negativas” (33%) y recibió puntuaciones bajas de “placer” (8%). En contraste, el bloque Experimental fue percibido como “sereno, o de paz” (83%), “positivo” (83%), “placentero” (75%), y “revelador” (insightful en Inglés) (58%). Adicionalmente, el 92% de los sujetos reportó haber estado más emocionalmente involucrado durante el bloque Experimental que durante el bloque Control. En relación con la *atención*, el 50% de los sujetos reportó estar distraído y el 67% reportó una conciencia dirigida hacia adentro (“hacia mi propia experiencia subjetiva interna”) durante el bloque Control. En contraste, durante el bloque Experimental, el 100% de los sujetos reportó haber estado “absorbido” y el 83% dijo haber tenido su atención dirigida hacia afuera (“hacia el edificio que se me presentó”). El análisis de estos datos mediante el Nonparametric Wilcoxon Signed Rank Test indicó que para la variable de direccionalidad (hacia adentro vs. hacia afuera), hubo una tendencia a que un mayor número de participantes en el bloque Experimental reportara mayor atención hacia afuera que hacia adentro ($z=1,90$, $p=,058$). Para la variable de concentración, hubo un número significativamente mayor de participantes en el bloque Experimental que reportaron estar más absorbidos que distraídos ($z=2,45$, $p=,014$) (Figura 1a). El Apéndice C cubre respuestas no incluidas en el resumen anterior.

Además, los dos bloques fueron significativamente distintos en la autoevaluación de los participantes sobre sus niveles de diálogo interno (es decir, “realizando pensamiento crítico o racional durante la presentación de diapositivas”) tras cada uno de ellos. En el bloque Experimental, los sujetos reportaron un 29% menos de diálogo interno ($t(11) = 2,88$, $p = 0,016$) que en el bloque Control. Los sujetos también reportaron estar más presentes después del Experimental que después del Control, aunque esta diferencia no alcanzó significación estadística ($t(11) = 1,35$, $p = 0,203$) (Figura 1b).

Finalmente, el 75% de los sujetos en el bloque Experimental reportó en el cuestionario final haber experimentado un estado en el que se sintieron conectados, transportados, apreciativos, intensamente absorbidos y, sin embargo, en paz y relajados. En conjunto, interpretamos estas respuestas como indicativas de un estado meditativo EX-I generado por la arquitectura contemplativa. En contraste, los edificios cotidianos se asociaron con estados mentales “comunes”, como estar distraído e insatisfecho y, de manera interesante, los participantes reconocieron que no pudieron abstenerse por completo de juzgar las imágenes presentadas durante el bloque Control.

Tabla 1. Clústeres activados utilizando el análisis de Cerebro Completo ($p < 0,001$ sin corregir, tamaño de clúster $k > 20$ vóxeles). La columna "Nivel de clúster p corregido por FWE" muestra los clústeres que son significativos en los valores p corregidos.

	Estructura Anatómica	K	Coordenadas de Talairach			Nivel de vóxel	Nivel de clúster
			x	y	z	T-score	$P_{FWEcorr}$
Control	Giro Occipital Media (BA19) (D.)	14.802	36	-82	8	31,34	<0,0001
	Giro Frontal Superior (BA6) (D.)	527	0	10	66	7,56	<0,0001
	Giro Frontal Media (BA46) (D.)	119	56	28	20	5,76	0,043
	Giro Frontal Inferior (I.)	89	-30	26	-2	5,93	
	Giro Precentral (BA6) (I.)	83	-40	-4	52	5,84	
	Giro Frontal Medial (I.)	33	-18	2	52	5,42	
	Giro Frontal Media (I.)	37	-38	6	34	5,03	
Giro Parahipocampal (BA28) (I.)	21	-18	-12	-18	4,93		
Experimental	Cerebelo (D.)	6.834	46	-66	-18	21,89	<0,0001
	Cerebelo (I.)	7.034	-46	-66	-14	18,55	<0,0001
	Giro Frontal Media (BA6) (I.)	198	-20	-2	54	6,80	0,003
	Giro Precentral (BA6) (I.)	625	-46	2	30	6,69	<0,0001
	Giro Precentral (BA6) (D.)	292	46	-4	30	6,20	<0,0001
	Giro Frontal Superior (BA6) (I.)	141	-4	6	62	6,11	0,018
	Cerebelo (D.)	55	8	-72	-32	6,25	
	Giro Postcentral (I.)	37	-14	-34	64	5,45	
Lóbulo Parietal Inferior (BA40) (I.)	51	-48	-38	42	5,10		
Control > Experimental	Cerebelo (D.)	970	16	-76	-18	4,93	<0,0001
	Giro Frontal Medial (BA9) (D.)	513	2	46	26	3,92	0,020
	Giro Temporal Inferior (I.)	49	-48	-26	-18	3,74	
	Cerebelo (I.)	56	-10	-80	-14	0,70	
	Giro Frontal Inferior (BA47) (I.)	33	-30	24	-2	3,58	

>> continúa

	Giro Frontal Superior (BA6) (I.)	30	-2	12	66	3,57	
	Giro Temporal Media (I.)	109	-60	-34	-2	3,48	
	Lóbulo Anterior (I.), Culmen	33	-26	-46	-12	3,36	
Experimental > Control	Giro Postcentral (I.)	519	-30	-18	28	5,62	0,019
	Giro Fusiforme (BA37) (I.)	309	-46	-56	-8	5,36	0,004
	Lóbulo Parietal Inferior (BA40) (I.)	699	-40	-48	42	5,26	0,046
	Lóbulo Parietal Inferior (BA40) (D.)	426	36	-48	48	4,48	
	Giro Frontal Inferior (D.)	33	44	8	18	3,85	
	Giro Frontal Superior (BA6) (D.)	33	12	-6	66	3,73	
	Giro Frontal Media (I.)	35	-40	26	24	3,45	
	Ínsula (D.)	67	38	-4	16	3,44	

3.2 Activación del cerebro completo

En el análisis de contraste del Cerebro Completo, se observaron mayores activaciones en el bloque Experimental en comparación con el bloque Control en varias regiones cerebrales, incluyendo el Giro Postcentral Izquierdo ($k=519$, $x=-30$, $y=-18$, $z=28$, $T=5,62$, $p=0,019$), Giro Fusiforme Izquierdo (BA37) ($k=309$, $x=-46$, $y=-56$, $z=-8$, $T=5,36$, $p=0,004$), y el Lobulo Parietal Inferior Izquierdo (BA40) ($k=699$, $x=-40$, $y=-48$, $z=42$, $T=5,26$, $p=0,046$), y en el bloque Control en comparación con el bloque Experimental, las activaciones fueron mayores en el Cerebelo Derecho ($k=970$, $x=16$, $y=-76$, $z=-18$, $T=4,93$, $p < 0,0001$) y el Giro Frontal Medial Derecho (BA9) ($k=513$, $x=2$, $y=46$, $z=26$, $T=3,92$, $p=0,020$) (Tabla 1). Dentro del bloque Experimental, tanto el Giro Postcentral Izquierdo como el Lóbulo Parietal Inferior Izquierdo fueron activados significativamente en relación con la línea base ($p < 0,001$, no corregido, tamaño de clúster $k > 20$), lo que apoya la interpretación de que estas dos regiones, durante el bloque Experimental, fueron más activadas que aquellas del bloque Control.

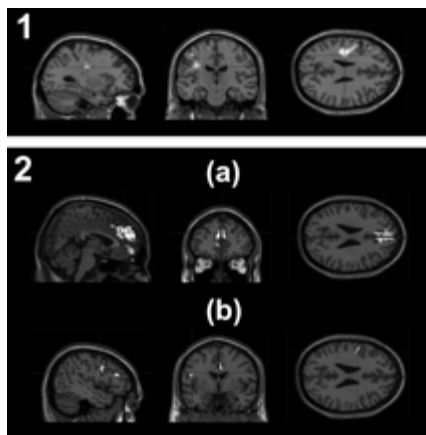


Figura 2. Contraste de activación cerebral en fMRI entre edificios comunes (control) y contemplativos (experimental). (1). Experimental vs. Control, activación de la ROI del lóbulo parietal inferior. El análisis de región de interés del lóbulo parietal inferior reveló una activación significativamente mayor durante la condición experimental en comparación con la condición control en los Lóbulos Parietales Inferiores Izquierdo y Derecho (BA40). (2). Activación ROI de la Corteza Prefrontal. La figura muestra una activación significativamente mayor de la Corteza Prefrontal en los edificios de Control en la parte superior, en comparación con los edificios experimentales en la parte inferior. El panel (a) muestra activación control versus experimental en el Giro Frontal Medial Izquierdo y Derecho (BA9), el Giro Frontal Medio Izquierdo (BA10), el Giro Frontal Superior Derecho (BA8), y el Giro Frontal Inferior Izquierdo. El panel (b) muestra activación experimental versus control en el giro frontal inferior Izquierdo (BA9), el Giro Frontal Precentral Izquierdo (BA46), y el Giro Precentral Derecho (BA6).

Tabla 2. Clústeres activados dentro del Lóbulo Parietal Inferior ($p < 0,05$ sin corregir, tamaño de clúster $k > 20$). La columna “Nivel de clúster p FWE-corrected” muestra los clústeres que son significativos en los valores p corregidos.

				Coordenadas de Talairach			Nivel de vóxel	Nivel de clúster
		Estructura Anatómica	k	x	y	z	T-score	$p_{FWEcorr}$
Lóbulo Parietal Inferior	Control	sin clústeres supraumbrales						
	Experimental	Lóbulo Parietal Inferior (BA40) (I.)	839	-38	-48	48	8,57	
		Lóbulo Parietal Inferior (BA40) (D.)	426	36	-46	48	6,28	
	Control > experimental	sin clústeres supraumbrales						
	Experimental > Control	Lóbulo Parietal Inferior (BA40) (I.)	1.652	-40	-48	42	5,26	0,027
		Lóbulo Parietal Inferior (BA40) (D.)	1.163	36	-48	48	4,48	0,078

3.3 Regiones de interés (ROIs)

3.3.1 Inferior Parietal Lobe

Los análisis de contraste entre bloques indicaron una mayor activación para el bloque Experimental en comparación con el bloque Control en el Lóbulo Parietal Inferior Izquierdo (BA40) ($k=1.652$, $x=-40$, $y=-48$, $z=42$, $T=5,26$, $p=0,027$) y el Lóbulo Parietal Inferior Derecho (BA40) ($k=1.163$, $x=36$, $y=-48$, $z=48$, $T=4,48$, $p=0,078$) (Tabla 2 and Figura 2a).

Dentro del bloque Experimental, tanto el Lóbulo Parietal Inferior Izquierdo (LPI) como el LPI Derecho fueron activados significativamente en relación con la línea base ($p<0,001$, no corregido, tamaño de clúster $k>20$), lo que apoya la interpretación de que estas dos regiones fueron más activadas durante el bloque Experimental en comparación con aquellas del bloque Control.

En el análisis de regiones cerebrales específicas de interés para contrastes entre bloques, ninguna otra región cerebral alcanzó significación tras los procedimientos de corrección basados en Cluster-level p FWE-corrected para $p<0,05$. Véase Figura 2b, y la Información Suplementaria en las Tablas 4 y 5.

3.3.2 Análisis de regresión

Los análisis de regresión sirvieron para examinar las correlaciones entre activaciones cerebrales y reportes fenomenológicos de diálogo interno y “profundidad de la experiencia”. Las regresiones emplearon la clasificación de los sujetos basada en cómo sus experiencias se ubicaban a lo largo de estas tres mediciones. Las clasificaciones para diálogo interno se basaron en la autoevaluación de los participantes después de cada bloque. La clasificación de la “profundidad de la experiencia” de los 12 sujetos fue primero producida por dos investigadores actuando independientemente, basándose en los seis criterios descritos anteriormente (en la sección “Paradigma experimental de fMRI”). Hubo un 69 % de acuerdo entre ambas clasificaciones en este primer intento. Tras comparar resultados, discutir su lógica interpretativa y revisar nuevamente los datos, los investigadores produjeron por separado otra clasificación. Esta segunda ronda alcanzó una concordancia del 84 %. Después de una conversación adicional, los dos evaluadores acordaron producir la clasificación final de la Figura 3a, que fue utilizada para realizar el análisis de regresión de la “profundidad de la experiencia.”

3.3.2 Diálogo Interno

Los análisis de regresión durante los dos bloques indicaron que no se encontró ninguna región cerebral que tuviera asociación positiva o negativa con el Diálogo Interno según lo reportado por los sujetos, tras los procedimientos de corrección basados en Cluster-level p FWE-corrected para $p<0,05$.

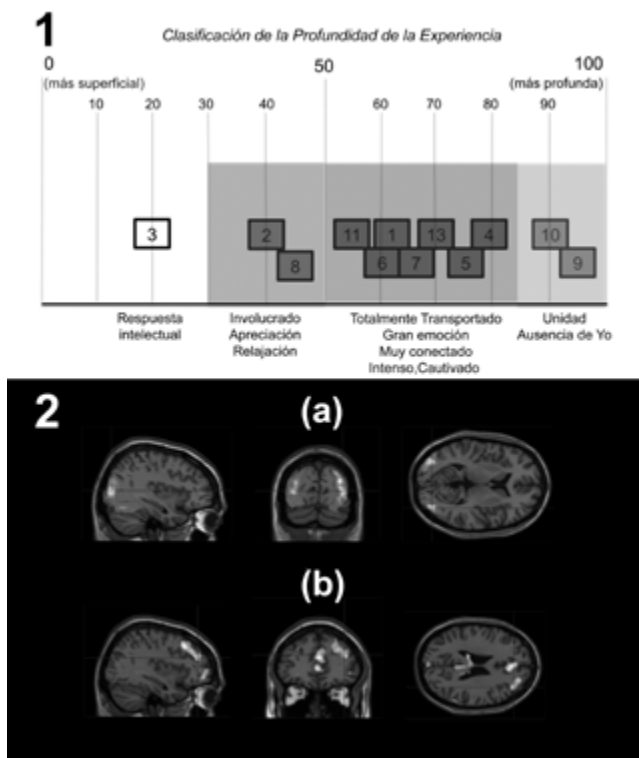


Figura 3. Ranking de la ‘Profundidad de la Experiencia’ y análisis de regresión fMRI para el bloque Experimental. (La ‘Profundidad de la Experiencia’ mide el nivel de absorción experiencial de un sujeto durante la sesión. Once de los doce sujetos fueron capaces de involucrarse plenamente, de apreciar y de relajarse mientras observaban edificios contemplativos. Solo un sujeto (#3) no pudo entrar en un estado meditativo, ya que permaneció solamente involucrado intelectual y analíticamente.) (2) Análisis de regresión positiva (a) y negativa (b) de la ‘Profundidad de la Experiencia’ durante el bloque Experimental. El panel (a) muestra que a medida que dicha ‘profundidad de la experiencia’ aumentó, la activación en estas regiones también aumentó: Giro Occipital Medio Derecho (BA19), Giro Fusiforme Izquierdo (BA37), Giro Precentral Izquierdo (BA6), el Giro Frontal Medio Izquierdo (BA6), el Giro Precentral Derecho (BA6), y el Giro Frontal Superior Izquierdo (BA6). El panel (b) muestra una disminución de la activación en las siguientes áreas a medida que aumentó la ‘Profundidad de la Experiencia’: Giro Frontal Medio Izquierdo y Derecho (BA10), Giro Cingulado Izquierdo (BA23), Giro Temporal Superior Izquierdo y Derecho (BA22, BA41 y BA39), L. Giro Cingulado Anterior (BA24), Giro Lingual Derecho (BA18) y Lóbulo Parietal Inferior (BA40).

3.3.3 Profundidad de la experiencia

Como se muestra en la Figura 3a, once de los doce sujetos fueron capaces de involucrarse plenamente, disfrutar y relajarse mientras observaban edificios contemplativos. Nueve reportaron haberse sentido emocionalmente conmovidos, transportados y conectados con los entornos, y describieron la experiencia como intensa. Dos participantes (#9 y #10) fueron un paso más allá y reportaron haber experimentado una pérdida del sentido del yo, alcanzando la unidad o unicidad con las imágenes de los edificios presentados. Solo un sujeto (#3) reportó que no pudo involucrarse plenamente en las tareas, tal como se requería en las instrucciones del estudio.

Los análisis de regresión identificaron asociaciones positivas significativas entre Profundidad de la Experiencia y activaciones cerebrales regionales durante la condición Experimental en las siguientes regiones cerebrales: Giro Occipital Derecho (BA19) ($k=6.310$, $x=38$, $y=-84$, $z=8$, $T=23,65$, $p<0,0001$), Giro Fusiforme Izquierdo (BA37) ($k=6.604$, $x=-40$, $y=-62$, $z=-10$, $T=18,84$, $p<0,0001$), Giro Precentral Izquierdo (BA6) ($k=531$, $x=-38$, $y=-2$, $z=40$, $T=7,26$, $p<0,0001$), Giro Frontal Medio Izquierdo (BA6) ($k=158$, $x=-20$, $y=2$, $z=54$, $T=6,81$, $p=0,007$), Giro Precentral Derecho (BA6) ($k=227$, $x=44$, $y=-6$, $z=32$, $T=6,72$, $p=0,001$) y Giro Frontal Superior Frontal Izquierdo (BA6) ($k=122$, $x=-4$, $y=6$, $z=62$, $T=6,55$, $p=0,024$). En contraste, los análisis de regresión identificaron asociaciones negativas significativas entre Profundidad de la Experiencia y activaciones cerebrales regionales durante la condición Experimental en las siguientes regiones cerebrales: Giro Frontal Medio Derecho (BA10) ($k=1.606$, $x=38$, $y=42$, $z=24$, $T=10,66$, $p<0,0001$), Giro Cingulado Izquierdo (BA23) ($k=1.210$, $x=-8$, $y=-22$, $z=30$, $T=10,36$, $p<0,0001$), Giro Temporal Superior Izquierdo (BA41) ($k=271$, $x=-36$, $y=-42$, $z=12$, $T=9,74$, $p<0,0001$), Giro Cingulado Anterior Izquierdo (BA24) ($k=978$, $x=-2$, $y=38$, $z=4$, $T=9,12$, $p<0,0001$), Giro Frontal Medio Izquierdo (BA10) ($k=103$, -32 , 50 , 6 , 8.46 , $p=0,05$), el Giro Lingual Derecho (BA18) ($k=796$, 6 , -90 , -6 , 8.09 , $p<0,0001$), Lóbulo Parietal Inferior Derecho (BA40) ($k=547$, $x=52$, $y=-54$, $z=38$, $T=7,62$, $p<0,0001$), Giro Temporal Superior Izquierdo (BA22) ($k=344$, $x=-62$, $y=-28$, $z=6$, $T=6,78$, $p<0,0001$) y Giro Temporal Superior Derecho (BA39) ($k=40$, $x=48$, $y=-48$, $z=14$, $T=6,38$, $p=0,012$) (Tabla 3 y Figura 3b).

Tabla 3. Clústeres activados usando análisis de regresión para Diálogo Interno y Profundidad de Experiencia ($p < 0,001$ sin corregir, tamaño de clúster $k > 20$ vóxeles). La columna “Nivel de clúster p FWE-corrected” muestra los clústeres que son significativos en los valores p corregidos.

				Coordenadas de Talairach			Nivel de vóxel	Nivel de clúster	
				x	y	z	T score	$p_{FWEcorr}$	
		Regresión	Estructura Anatómica	k					
Diálogo Interno	Control	Positivo	sin clústeres supraumbrales						
		Negativo	Giro Parahipocampal (D.)	24	18	-14	-12	5,32	
	Precúneo (BA7) (D.)		26	2	-64	54	5,02		
	Experimental	Positivo	Giro Frontal Inferior (BA9) (D.)	35	46	2	26	6,89	
			Giro Postcentral (BA2) (I.)	26	-48	-30	60	5,62	
		Negativo	Giro Parahipocampal (BA30) (D.)	61	10	-42	2	7,89	
			Tálamo (I.)	28	-28	-30	6	5,39	
			Lóbulo Parietal Superior (BA7) (D.)	37	2	-68	58	4,67	
Profundidad de Experiencia	Experimental	Positivo	Giro Occipital Medio (BA19) (D.)	6.310	38	-84	8	23,65	<0,0001
			Giro Fusiforme (BA37) (I.)	6.604	-40	-62	-10	18,84	<0,0001
			Giro Precentral (BA6) (I.)	531	-38	-2	40	7,26	<0,0001
			Giro Frontal Medio (BA6) (I.)	158	-20	2	54	6,81	0,007
			Giro Precentral (BA6) (D.)	227	44	-6	32	6,72	0,001
			Giro Frontal Superior (BA6) (I.)	122	-4	6	62	6,55	0,024
			Giro Parahipocampal (I.)	69	-24	-36	0	6,15	
			Giro Postcentral (BA3) (I.)	27	-16	-34	62	6,01	
			Cerebelo (D.)	35	8	-72	-32	5,96	
			Lóbulo Parietal Inferior (BA40) (I.)	45	-48	-38	42	5,52	
			Cingulo Posterior (BA30) (I.)	31	-18	-56	10	4,91	

>> continúa

Negativo	Giro Frontal Medio (BA10) (D.)	1.606	38	42	24	10,66	<0,0001
	Giro del Cíngulo (BA23) (L.)	1.210	-8	-22	30	10,36	<0,0001
	Giro Temporal Superior (BA41) (L.)	271	-36	-42	12	9,74	<0,0001
	Giro del Cíngulo Anterior (BA24) (L.)	978	-2	38	4	9,12	<0,0001
	Giro Frontal Medio (BA10) (L.)	103	-32	50	6	8,46	0,05
	Giro Lingual (BA18) (D.)	796	6	-90	-6	8,09	<0,0001
	Lóbulo Parietal Inferior (BA40) (D.)	547	52	-54	38	7,62	<0,0001
	Giro Temporal Superior (BA22) (L.)	344	-62	-28	6	6,78	<0,0001
	Giro Temporal Superior (BA39) (D.)	40	48	-48	14	6,38	0,012
	Giro Frontal Medio (BA9) (L.)	68	-32	38	28	6,88	
	Lóbulo Parietal Inferior (BA39) (L.)	34	-52	-66	40	6,63	
	Precúneo (BA31) (L.)	141	-12	-58	30	6,18	
	Giro Frontal Medio (BA8) (L.)	67	-40	28	44	5,73	
	Lóbulo Semilunar Inferior (L.)	96	-42	-70	-48	5,71	
	Giro Frontal Superior (BA6) (D.)	24	20	10	66	4,93	

4. Discusión

Este estudio piloto proporciona evidencia preliminar de que observar imágenes de arquitectura diseñada para evocar contemplación suscita patrones de activación cerebral que son notablemente distintos de aquellos provocados por la percepción de edificios “comunes”. En particular, observamos la muy poca o nula participación de la Corteza Prefrontal en el análisis del Cerebro entero durante el bloque Experimental en relación tanto con el bloque Control como con la línea base; esta área suele hallarse activada en estados meditativos IN-I (Baron Short et al., 2010; Holzel et al., 2007; Manna et al., 2010). Las diferencias son ejemplificadas por el contraste de activación entre los dos bloques cuando consideramos el Cerebro Completo: los edificios comunes reclutaron áreas de control ejecutivo y atención (Corteza Prefrontal Medial BA9) en relación con regiones motoras fundamentales (Cerebelo Izquierdo y Derecho), mientras que las arquitecturas contemplativas se asociaron con la activación de regiones que participan en interacciones

visual-motoras (Giro Fusiforme BA37 y Giro Postcentral) e, importantemente, median la integración de múltiples entradas incluyendo actividad somatosensorial (Lóbulo Parietal Izquierdo y Derecho BA40). La disminución de la actividad de la Corteza Prefrontal (Giro Frontal Medio Izquierdo) puede indicar que, aunque necesarias, las funciones cognitivas y ejecutivas superiores no son centrales en las experiencias contemplativas suscitadas arquitectónicamente. La activación cerebral inducida por la observación de edificios comunes parece depender, en cambio, de la activación de áreas corticales que se asocian primariamente con tareas orientadas a metas y guiadas semióticamente (lo cual no es inesperado dentro del contexto del comportamiento sociocultural típico).

La fuerte activación del área premotora y del Lóbulo Parietal Inferior (LPI) en el bloque Experimental es consistente con esta interpretación. Se ha reportado que el LPI desempeña un papel central en la percepción de emociones y en la interpretación de información sensorial, así como en la imagen corporal, en virtud de la masiva interconexión entre las cortezas auditiva, espacial y somatosensorial (Lou et al., 2004; Radua et al., 2010). Además, esta región dirige ciertos tipos de atención (por ejemplo, orientada a una tarea o a lo relevante) y mantiene la imagen corporal y la espacialidad con respecto al entorno (Rozzi, Ferrari, Bonini, Rizzolatti, & Fogassi, 2008; Singh-Curry & Husain, 2009). Ambas áreas contienen neuronas bimodales y multimodales que pueden integrar información visual, táctil y vestibular con la autoconciencia corporal, proporcionando la base para la experiencia implícita y pre-reflexiva de ser el sujeto de una experiencia dada (Blanke, Slater, & Serino, 2015). La activación significativa de estas áreas subraya el papel central que pueden desempeñar la función sensoriomotora de orden superior y la ‘corporeización’ en la experiencia de edificios contemplativos y, por lo tanto, su naturaleza estética, como también lo articularon los participantes del estudio en su cuestionario final. La desactivación de la Corteza Prefrontal a medida que la experiencia contemplativa se profundizaba se asoció con “ambiente,” “atmósfera,” “unidad,” y “totalidad” (palabras de los propios participantes en el cuestionario final). Esto proporciona una comprensión de un estado EX-I que es amplio y panorámico más que estrecho y enfocado en objetos. El estado parece involucrar componentes fenomenológicos adicionales que amplían la percepción del objeto o escena externa per se, y podría reflejar las diferencias entre Monitoreo Abierto (es decir, observación atenta generalizada) y Atención Enfocada (es decir, concentración orientada a eventos u objetos) en la meditación IN-I documentadas en estudios previos (Travis & Shear, 2010). Debido a su gran tamaño y complejidad, la arquitectura nos envuelve físicamente y trasciende nuestra comprensión cognitiva inmediata. Por lo tanto, un uso adecuado de la arquitectura (como lo ejemplifican las obras ‘atemporales’ utilizadas en este estudio), puede inducir estados de conciencia que son estables, omniabarcantes, no autocentrados, y cognitiva/afectivamente resonantes.

Es notable que la mayor activación de regiones sensoriomotoras y premotoras vis-à-vis la inactivación progresiva de la Corteza Prefrontal probablemente demande menos autorregulación y atención ejecutiva, permitiendo así que el sujeto mantenga el interés sin esfuerzo. En consonancia con ello, encontramos que la dimensión estética – belleza, recompensa, y emoción, tal como se refleja en los relatos en primera persona de la experiencia de los participantes – desempeñó papeles importantes en la diferenciación de los bloques

Control vs. Experimental. En particular, la correlación entre la atracción de los sujetos hacia la observación de edificios contemplativos y la mayor activación de áreas sensoriomotoras sugiere que llegar a un estado “meditativo” inducido arquitectónicamente probablemente involucre un mayor número y activación de regiones cerebrales en comparación con la percepción de edificios comunes. El reclutamiento diferencial de la Ínsula pero no de la Corteza Orbitofrontal durante el bloque Experimental (vs. Control) registrado en los datos no corregidos (Tablas 4 y 5 accesibles como Información Suplementaria a este artículo) apoya la presencia de una experiencia estética no evaluativa. Pueden encontrarse precedentes en la investigación en neuroestética, que ha correlacionado experiencias estéticas con la activación de áreas somatosensoriales y motoras trabajando en asociación con el LPI, la Corteza Cingulada Anterior y/o la Ínsula bilateral (Cupchik, Vartanian, Crawley, & Mikulis, 2009). Nuestros hallazgos sugerirían que la correlación entre activación de la Corteza Prefrontal/Corteza Orbitofrontal y estados estéticos reportada en estudios previos (Di Dio, Macaluso, & Rizzolatti, 2007; Jacobsen, Schubotz, Hofel, & Cramon, 2006; Kirk, Skov, Christensen, & Nygaard, 2009) podría ser el resultado de considerar la dimensión evaluativa y no la contemplativa de las experiencias estéticas. La disminución de actividad observada en la Corteza Prefrontal, la desactivación progresiva de la dominante Corteza Cingulada Posterior (CCP, BA23) (junto con el Precúneo BA31, mostrado en Tabla 3) y la fuerte reducción del Diálogo Interno sugieren, adicionalmente, que experimentar obras contemplativas puede implicar una disrupción de la Red por Defecto (en Inglés, Default Mode Network o DMN), una posibilidad consistente con resultados reportados en estudios de meditación IN-I (Brewer et al., 2011). Nuestros resultados no corregidos (Figura 2b, y la Información Suplementaria en Tablas 4 y 5) sugieren que la Corteza Prefrontal y la Corteza Orbitofrontal permanecen descomprometidas durante el bloque Experimental mientras que la desactivación del centro auditivo/semántico (Giro Temporal Superior) apoya el descompromiso del procesamiento basado en lenguaje. En conjunto, nuestros datos muestran que grandes áreas cerebrales asociadas con la toma de decisiones centradas en uno mismo y la atención ejecutiva se “silencian” tras la exposición a edificios diseñados para inducir la contemplación.

Especulamos que la observación de arquitecturas contemplativas puede debilitar la ‘narrativa autorreferencial interna’ (también referida como red intrínseca, egocéntrica, o ‘Yo’) mientras fortalece el ‘ser fenoménico’ (a menudo denominado red extrínseca, momento presentado, o ‘Ser’) (Farb et al., 2007; Tagini & Raffone, 2010), un resultado que epitomiza una “contemplation” exitosa (Fasching, 2008). Esto subraya los beneficios de los métodos EX-I frente a las prácticas meditativas IN-I, que deben desacerse (o, al menos, abstraerse) de procesos autorreferenciales. No sorprendentemente, la capacidad para descomprometer una operación, pero no la otra, ha sido considerada un signo de experticia meditativa (Wang et al., 2011). Por lo tanto, nuestros hallazgos sugieren que los métodos EX-I podrían facilitar una entrada sin esfuerzo al estado contemplativo.

Atracciones o demandas extrínsecas intensas inhiben procesos autorreferenciales y sus correlatos neurales (Dietrich, 2006; Goldberg, Harel, & Malach, 2006), como lo indican numerosos enfoques de meditación IN-I basados en visualización y en el cuerpo (Lou, Nowak, & Kjaer, 2005; Tang et al., 2009). La anulación del yo-narrativo y de mecanismos

relacionados con experimentar condiciones externas extraordinarias son también características definitorias de experiencias “pico” o “Flow”. En realidad, los estados meditativos EX-I son consistentes con varias de las 9 condiciones que definen el estado de ‘Flow’ (Csikszentmihalyi, 1990), incluyendo el enfoque sensoriomotor, la reducción de la autoconciencia, el aumento de la absorción y la ausencia de esfuerzo. El hecho de que se haya hipotetizado que los estados de ‘Flow’ operan bajo hipofrontalidad transitoria (Dietrich, 2004) también es consistente con la disminución de actividad observada en la Corteza Prefrontal durante el bloque Experimental, reafirmando que los estados contemplativos, sin importar cómo sean inducidos, son experiencias desprovistas de yo.

Estudios clínicos y neurocientíficos recientes han explorado las convergencias entre estados meditativos, estéticos, espirituales e incluso psicodélicos (Carhart-Harris et al., 2012; d’Aquili & Newberg, 2000; Dietrich, 2003; Keltner & Haidt, 2003), pero presentan desacuerdos sobre muchas cuestiones incluyendo definiciones y taxonomías, restricciones legales y éticas, escasez de evidencia experimental, desafíos metodológicos, y prejuicios en la estética contemporánea (Danto, Harowitz, Huhn, & Ostrow, 1998; Elkins, 2001; Nehamas, 2007). Al proporcionar evidencia empírica preliminar que documenta y respalda las relaciones dinámicas entre contemplación, belleza y espiritualidad, el presente estudio contribuye a esta convergencia emergente. Además, ofrece una comprensión potencialmente sugerente sobre los correlatos neurales de las tradiciones religiosas (o espirituales) que enfatizan la trascendencia del yo, asociada con experiencias religiosas profundas (James, 2004).

4.1 Limitaciones de la investigación

Deben señalarse algunas debilidades o limitaciones de este estudio piloto. Aunque se hicieron esfuerzos por reducir la brecha entre representación y realidad (por ejemplo, mediante el uso de imágenes en tándem), el uso de fotografías como representaciones de los edificios supone una limitación inherente al uso de dispositivos de fMRI. El tamaño de la muestra (doce sujetos) y las limitaciones que impusimos al restringir la representación de género, idioma, etnia y cultura (para maximizar la homogeneidad de la muestra estudiada) pueden limitar la generalización de los hallazgos al sesgar la intensidad y el tipo de experiencia subjetiva (es decir, los estados EX-I) y sus correlatos neurales. Si bien consideramos justificada la lógica de elegir un grupo seleccionado de sujetos (arquitectos profesionales), es posible que las respuestas cerebrales en sujetos con un menor grado de experticia en arquitectura y diseño no muestren una diferenciación tan dramática entre edificios “contemplativos” y “comunes”, lo cual deberá ponerse a prueba en estudios futuros. El bloque Experimental se presentó después del bloque Control debido a la preocupación por el posible efecto de arrastre. Dadas las limitaciones de financiamiento y el número reducido de participantes en esta investigación exploratoria, el orden de presentación de los bloques no fue equilibrado. Creemos que este tema debe abordarse en un estudio futuro con una muestra más amplia. Además, es probable que los sujetos estuvieran familiarizados con algunos de los edificios mostrados en los bloques Experimental y Control, lo que sugiere que la memoria podría ser un factor influyente no considerado. Debe señalarse que el papel de la familiaridad en

ambos tipos de edificios debería considerarse explícitamente en futuros experimentos. Sin embargo, el énfasis en experiencias presentes y no evaluativas, específicamente incluido en las instrucciones dadas a los sujetos, que subrayaba la “presencia”, quizás haya disminuido dichos efectos nemónicos. Finalmente, persiste cierta ambigüedad respecto del grado en que las instrucciones experienciales específicas proporcionadas a los participantes contribuyeron a lo observado en este estudio piloto. Serán necesarios estudios futuros que manipulen explícitamente formas específicas de instrucciones para interactuar con la arquitectura contemplativa, a fin de aclarar esta cuestión. A pesar de estas limitaciones, la originalidad, singularidad y resultados sugerentes (aunque preliminares) de este estudio pueden facilitar una mayor discusión y el trabajo en un área hasta ahora poco desarrollada del conocimiento arquitectónico y ambiental, con verdadero potencial a nivel humano, de diseño e investigación.

5. Conclusiones

Nuestro estudio piloto sugiere que arquitectos presentados con imágenes de edificios comunes vs. contemplativos, llegaron a estados fenomenológicos significativamente diferentes con correlatos neurales distintos que encuentran paralelos en las diferencias entre estados mentales meditativos y comunes. En segundo lugar, a pesar de las similitudes con estados meditativos IN-I (por ejemplo, centralidad en el presente, atención alta y sostenida, relajación, disminución del diálogo interno, etc.), la contemplación inducida arquitectónicamente parece mostrar diferencias importantes, como la gran activación de zonas corticales dedicadas a procesar el mundo exterior, incluyendo áreas sensoriomotoras, integrativas, y de corporeidad — regiones usualmente descomprometidas en estados contemplativos IN-I. El hecho de que los estados EX-I se caractericen distintamente por su reclutamiento de dichas regiones cerebrales proporciona apoyo empírico a intuiciones derivadas de la fenomenología de Merleau-Ponty (Merleau-Ponty, 1962), la investigación actual sobre cognición corporizada (Damasio, 1994; Gallese, 2005; Johnson, 2007) y su relación con la arquitectura (H. F. Mallgrave, 2015), autoconciencia corporal (Blanke *et al.*, 2015) y estudios de meditación IN-I basados en métodos de visualización o somáticos (King & Brownstone, 1999; Kozhevnikov *et al.*, 2009; Lou *et al.*, 2005; Tang *et al.*, 2009). Los sujetos fueron fácilmente (es decir, sin esfuerzo) atraídos hacia los edificios del bloque Experimental, lo que podría asociarse con una menor dependencia de la autorregulación y de la atención ejecutiva para mantener el estado experiencial, en comparación con lo típicamente reportado en la meditación IN-I. Estos hallazgos, además, son congruentes con observaciones de que los ambientes restaurativos son capaces de devolver la normalidad cognitiva y afectiva tras el estrés, la disonancia o la fatiga (Kaplan, 1995, 2001; Ulrich *et al.*, 1991). La dependencia de la contemplación EX-I de la calidad del estímulo destaca tanto la importancia de cómo el estímulo es concebido, hecho y desplegado, como también proporciona evidencia empírica que sugiere que los estados contemplativos EX-I podrían considerarse experiencias estéticas.

De manera similar a la meditación IN-I, la contemplación EX-I parece reducir el diálogo interno y fascinar a los sujetos hasta el punto de interrumpir la narrativa autorreferencial y sus procesos psicológicos relacionados (por ejemplo, la red por defecto o DMN), posiblemente facilitando una experiencia más completa del “momento presente.” Proponemos que los enfoques EX-I reciban una mayor atención por parte de investigadores que estudian prácticas contemplativas, ya que ofrecen un método complementario viable para inducir experiencias meditativas. Definitivamente, los estados contemplativos inducidos externamente ofrecen una ventana diferente sobre cómo la contemplación puede cultivarse en el cerebro/mente humano.

A pesar de ser un estudio piloto y de otras limitaciones, nuestra investigación ofrece, por primera vez, evidencia neurocientífica que respalda suposiciones o afirmaciones sostenidas durante mucho tiempo por arquitectos de que ciertos tipos de edificios (por ejemplo, templos, iglesias, patios) pueden inducir experiencias contemplativas (y posiblemente espirituales). Otra contribución singular es que investigamos tipos de arquitectura y respuestas que se abordan con escasa frecuencia en el ámbito disciplinar. Una mejor comprensión de las reacciones contemplativas ante la arquitectura puede mejorar la manera en que tratamos no solo obras religiosas o sagradas, sino también muchos tipos de edificios seculares que dependen de generar tales estados para funcionar adecuadamente (por ejemplo, museos, bibliotecas, monumentos, clínicas, etc.). Los resultados de nuestro estudio se suman al creciente movimiento de diseño basado en evidencia en la arquitectura y la industria de la construcción, que busca utilizar el conocimiento empírico para enseñar, planificar, construir y evaluar mejor el entorno construido.

Agradecimientos

Este trabajo de investigación fue posible gracias a subvenciones del Utah Brain Institute Pilot Program in Imaging Research (abril de 2009), el Obert C. y Grace A. Tanner Humanities Center – Sponsorship of Research Interest Group (2010), y The Catholic University of America Research Grant-in-Aid (marzo de 2012). Nuestro agradecimiento también va a los participantes del estudio, que generosamente ofrecieron su tiempo y paciencia.

Declaración de conflicto de intereses

Los autores declararon no tener ningún conflicto de interés potencial con respecto a la investigación, la autoría y/o la publicación de este artículo.

Referencias

- Aaen-Stockdale, C. (2012). Neuroscience for the Soul. *The Psychologist*, 25(7), 520–523.
Altman, I. (1975). *Environment and Social Behavior*. Monterey, CA: Brooks/Cole Publishing.

- Baron Short, E., Kose, S., Mu, Q., Borckardt, J., Newberg, A., George, M. S., et al. (2010). Regional brain activation during meditation shows time and practice effects: an exploratory fMRI study. *Evid Based Complement Alternat Med*, 7(1), 121-127.
- Barrie, T. (1996). *Spiritual Path, Sacred Place: Myth, Ritual, and Meaning in Architecture*. Boston, MA: Shambhala.
- Bennett, C. M., & Miller, M. B. (2010). How reliable are the results from functional magnetic resonance imaging? *Ann N Y Acad Sci*, 1191, 133-155.
- Bennett, C. M., Wolford, G. L., & Miller, M. B. (2009). The principled control of false positives in neuroimaging. *Soc Cogn Affect Neurosci*, 4(4), 417-422.
- Bergmann, S. (2012). *Theology in Built Environments*. New Brunswick, NJ: Transaction Publishers.
- Bermudez, J. (2008). Mapping the Phenomenological Territory of Profound Architectural Atmospheres. Results of a Large Survey *E-Proceedings of the Int'l Symposium "Creating an atmosphere"*. Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble, France.
- Bermudez, J. (2009). Amazing Grace. New Research into 'Extraordinary Architectural Experiences' Reveals the Central Role of Sacred Places. *Faith & Form*, 42(3), 8-13.
- Bermudez, J. (2011a). Empirical Aesthetics: The Body and Emotion in Extraordinary Architectural Experiences. In P. Plowright & B. Gamper (Eds.), *Proceedings of the 2011 Architectural Research Centers Consortium Conference* (pp. 369-380). Lawrence Tech University, Detroit, MI, USA.
- Bermudez, J. (2011b). Profound Experiences of Architecture. The Role of 'Distancing' in the Ineffable. *2A - Architecture and Art Magazine*, 17, 20-25.
- Bishop, S. R., Lau, M., Shapiro, S., Carlson, L., Anderson, N. D., Carmody, J., et al. (2004). Mindfulness: A Proposed Operational Definition. *Clinical Psychology: Science and Practice*, 11(3), 230-241.
- Blanke, O., Slater, M., & Serino, A. (2015). Behavioral, Neural, and Computational Principles of Bodily Self-Consciousness. *Neuron*, 88(1), 145-166.
- Boccia, M., Piccardi, L., & Guariglia, P. (2015). The Meditative Mind: A Comprehensive Meta-Analysis of MRI Studies. *Biomed Res Int*, 2015, 11.
- Bond, K., Ospina, M. B., Hooton, N., Bialy, L., Dryden, D. M., Buscemi, N., et al. (2009). Defining a complex intervention: The development of demarcation criteria for "meditation". *Psychology of Religion and Spirituality*, 1(2), 129-137.
- Brefczynski-Lewis, J. A., Lutz, A., Schaefer, H. S., Levinson, D. B., & Davidson, R. J. (2007). Neural correlates of attentional expertise in long-term meditation practitioners. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 104(27), 11483-11488.
- Brewer, J. A., Worhunsky, P. D., Gray, J. R., Tang, Y. Y., Weber, J., & Kober, H. (2011). Meditation experience is associated with differences in default mode network activity and connectivity. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 108(50), 20254-20259.
- Burgess, P. W., Dumontheil, I., & Gilbert, S. J. (2007). The gateway hypothesis of rostral prefrontal cortex (area 10) function. *Trends Cogn Sci*, 11(7), 290-298.
- Cahn, B. R., & Polich, J. (2006). Meditation states and traits: EEG, ERP, and neuroimaging studies. *Psychol Bull*, 132(2), 180-211.

- Carhart-Harris, R. L., Erritzoe, D., Williams, T., Stone, J. M., Reed, L. J., Colasanti, A., et al. (2012). Neural correlates of the psychedelic state as determined by fMRI studies with psilocybin. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 109(6), 2138-2143.
- Carlson, L. E., Ursuliak, Z., Goodey, E., Angen, M., & Speca, M. (2001). The effects of a mindfulness meditation-based stress reduction program on mood and symptoms of stress in cancer outpatients: 6-month follow-up. *Support Care Cancer*, 9(2), 112-123.
- Chapman, H. A., Bernier, D., & Rusak, B. (2010). MRI-related anxiety levels change within and between repeated scanning sessions. *Psychiatry Res*, 182(2), 160-164.
- Corbetta, M., & Shulman, G. L. (2002). Control of goal-directed and stimulus-driven attention in the brain. *Nat Rev Neurosci*, 3(3), 201-215.
- Csikszentmihalyi, M. (1990). *Flow; the psychology of optimal experience*. New York: Harper Perennial.
- Cupchik, G. C., Vartanian, O., Crawley, A., & Mikulis, D. J. (2009). Viewing artworks: contributions of cognitive control and perceptual facilitation to aesthetic experience. *Brain Cogn*, 70(1), 84-91.
- d'Aquili, E. G., & Newberg, A. B. (2000). The neuropsychology of aesthetic, spiritual, and mystical states. *Zygon*, 35(1), 39-51.
- Damasio, A. R. (1994). *Descartes' Error: Emotion, Reason and the Human Brain*. New York: G.P. Putnam.
- Danto, A., Harowitz, G., Huhn, T., & Ostrow, S. (1998). *Wake of Art: Criticism, Philosophy, and the Ends of Taste*: Routledge.
- Davidson, R. J. (2004). Well-being and affective style: neural substrates and biobehavioural correlates. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*, 359(1449), 1395-1411.
- Di Dio, C., Macaluso, E., & Rizzolatti, G. (2007). The golden beauty: brain response to classical and renaissance sculptures. *PLoS One*, 2(11), e1201.
- Di Dio, C., & Vittorio, G. (2009). Neuroaesthetics: a review. *Curr Opin Neurobiol*, 19(6), 682-687.
- Dietrich, A. (2003). Functional neuroanatomy of altered states of consciousness: the transient hypofrontality hypothesis. *Conscious Cogn*, 12(2), 231-256.
- Dietrich, A. (2004). Neurocognitive mechanisms underlying the experience of flow. *Conscious Cogn*, 13(4), 746-761.
- Dietrich, A. (2006). Transient hypofrontality as a mechanism for the psychological effects of exercise. *Psychiatry Res*, 145(1), 79-83.
- Eberhard, J. P. (2009a). Applying neuroscience to architecture. *Neuron*, 62(6), 753-756.
- Eberhard, J. P. (2009b). *Brain Landscape: the Coexistence of Neuroscience and Architecture*. New York: Oxford University Press.
- Eliade, M. (1959). *The Sacred and The Profane- The Nature of Religion*. New York: Harcourt, Brace and World.
- Elkins, J. (2001). *Pictures and Tears*. New York: Routledge.
- Evans, G. W., & McCoy, J. M. (1998). When Buildings Don't Work: The Role of Architecture in Human Health. *Journal of Environmental Psychology*, 18(1), 85-94.
- Farb, N. A., Segal, Z. V., Mayberg, H., Bean, J., McKeon, D., Fatima, Z., et al. (2007). Attending to the present: mindfulness meditation reveals distinct neural modes of self-reference. *Soc Cogn Affect Neurosci*, 2(4), 313-322.

- Fasching, W. (2008). Consciousness, self-consciousness, and meditation. *Phenom. Cogn. Sci.*, 7, 463–483.
- Fich, L. B., Jönsson, P., Kirkegaard, P. H., Wallergård, M., Garde, A. H., & Hansen, Å. (2014). Can architectural design alter the physiological reaction to psychosocial stress? A virtual TSST experiment. *Physiology & Behavior*, 135, 91–97.
- Friston, K. J., Frith, C. D., Frackowiak, R. S., & Turner, R. (1995). Characterizing dynamic brain responses with fMRI: a multivariate approach. *Neuroimage*, 2(2), 166–172.
- Gallese, V. (2005). Embodied simulation: from neurons to phenomenal experience. *Phenom. Cogn. Sci.*, 4, 23–48.
- Goldberg, I., Harel, M., & Malach, R. (2006). When the brain loses its self: prefrontal inactivation during sensorimotor processing. *Neuron*, 50(2), 329–339.
- Golland, Y., Bentin, S., Gelbard, H., Benjamini, Y., Heller, R., Nir, Y., et al. (2007). Extrinsic and intrinsic systems in the posterior cortex of the human brain revealed during natural sensory stimulation. *Cereb Cortex*, 17(4), 766–777.
- Grant, J. A., Courtemanche, J., & Rainville, P. (2011). A non-elaborative mental stance and decoupling of executive and pain-related cortices predicts low pain sensitivity in Zen meditators. *Pain*, 152(1), 150–156.
- Hejduk, R., & Williamson, J. (2011). *The Religious Imagination in Modern and Contemporary Architecture: A Reader*. Taylor & Francis.
- Herzog, T. R., Ouellette, P., Rolens, J. R., & Koenigs, A. M. (2010). Houses of worship as restorative environments. *Environment and Behavior*, 42(4), 395–419.
- Hillier, B., & Hanson, J. (1984). *The Social Logic of Space*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hiss, T. (1990). *The Experience of Place*. New York: Vintage Books.
- Holzel, B. K., Carmody, J., Vangel, M., Congleton, C., Yerramsetti, S. M., Gard, T., et al. (2011). Mindfulness practice leads to increases in regional brain gray matter density. *Psychiatry Res*, 191(1), 36–43.
- Holzel, B. K., Ott, U., Hempel, H., Hackl, A., Wolf, K., Stark, R., et al. (2007). Differential engagement of anterior cingulate and adjacent medial frontal cortex in adept meditators and non-meditators. *Neurosci Lett*, 421(1), 16–21.
- Jacobs, T. L., Epel, E. S., Lin, J., Blackburn, E. H., Wolkowitz, O. M., Bridwell, D. A., et al. (2011). Intensive meditation training, immune cell telomerase activity, and psychological mediators. *Psychoneuroendocrinology*, 36(5), 664–681.
- Jacobsen, T., Schubotz, R. I., Hofel, L., & Cramon, D. Y. (2006). Brain correlates of aesthetic judgment of beauty. *Neuroimage*, 29(1), 276–285.
- James, W. (2004). *Varieties of Religious Experiences*. New York: Touchstone.
- Johnson, M. (2007). *The Meaning of the Body*. Chicago, IL: The University of Chicago Press.
- Jones, L. (2000). *The Hermeneutics of Sacred Architecture*. Cambridge, Mass: Harvard University Press
- Josipovic, Z. (2013). Freedom of the mind. *Front Psychol*, 4, 538.
- Kaplan, S. (1995). The restorative benefits of nature: toward an integrative framework. *Journal of Environmental Psychology*, 15(3), 169–182.

- Kaplan, S. (2001). Meditation, restoration, and the management of mental fatigue. *Environment and Behavior*, 33(4), 480-506.
- Kawabata, H., & Zeki, S. (2004). Neural correlates of beauty. *J Neurophysiol*, 91(4), 1699-1705.
- Kellert, S. R., Heerwagen, J., & Mador, M. (2008). *Biophilic Design: The Theory, Science, and Practice of Bringing Buildings to Life*. Hoboken, New Jersey, USA: Wiley.
- Keltner, D., & Haidt, J. (2003). Approaching awe, a moral, spiritual, and aesthetic emotion. *Cognition and Emotion*, 17(2), 297-314.
- Kieckhefer, R. (2004). *Theology in Stone: Church Architecture from Byzantium to Berkeley*. New York: Oxford University Press.
- King, R., & Brownstone, A. (1999). Neurophysiology of Yoga Meditation. *International Journal of Yoga Therapy*, 9(1), 9-17.
- Kirk, U., Skov, M., Christensen, M. S., & Nygaard, N. (2009). Brain correlates of aesthetic expertise: a parametric fMRI study. *Brain Cogn*, 69(2), 306-315.
- Kozhevnikov, M., Louchakova, O., Josipovic, Z., & Motes, M. A. (2009). The enhancement of visuospatial processing efficiency through Buddhist Deity meditation. *Psychol Sci*, 20(5), 645-653.
- Lazar, S. W., Kerr, C. E., Wasserman, R. H., Gray, J. R., Greve, D. N., Treadway, M. T., et al. (2005). Meditation experience is associated with increased cortical thickness. *Neuroreport*, 16(17), 1893-1897.
- Lehmann, D., Faber, P. L., Achermann, P., Jeanmonod, D., Gianotti, L. R., & Pizzagalli, D. (2001). Brain sources of EEG gamma frequency during volitionally meditation-induced, altered states of consciousness, and experience of the self. *Psychiatry Res*, 108(2), 111-121.
- Lou, H. C., Luber, B., Crupain, M., Keenan, J. P., Nowak, M., Kjaer, T. W., et al. (2004). Parietal cortex and representation of the mental Self. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 101(17), 6827-6832.
- Lou, H. C., Nowak, M., & Kjaer, T. W. (2005). The mental self. *Prog Brain Res*, 150, 197-204.
- Lueken, U., Muehlhan, M., Evens, R., Wittchen, H. U., & Kirschbaum, C. (2012). Within and between session changes in subjective and neuroendocrine stress parameters during magnetic resonance imaging: A controlled scanner training study. *Psychoneuroendocrinology*, 37(8), 1299-1308.
- Lutz, A., Brefczynski-Lewis, J., Johnstone, T., & Davidson, R. J. (2008). Regulation of the neural circuitry of emotion by compassion meditation: effects of meditative expertise. *PLoS One*, 3(3), e1897.
- Lutz, A., Dunne, J. D., & Davidson, R. J. (2007). Meditation and the Neurosciences of Consciousness: an Introduction. In E. Thompson, M. Moscovitch & P. D. Zelazo (Eds.), *Cambridge Handbook of Consciousness* (pp. 497-551). Cambridge: Cambridge University Press.
- Ma, Q., Hu, L., & Wang, X. (2015). Emotion and novelty processing in an implicit aesthetic experience of architectures: evidence from an event-related potential study. *Neuroreport*, 26(5), 279-284.
- Mallgrave, H. F. (2010). *The architect's brain: neuroscience, creativity, and architecture*. Oxford, UK: Willey & Sons.

- Mallgrave, H. F. (2015). Embodiment and enculturation: the future of architectural design. *Front Psychol*, 6, 1398.
- Mann, A. T. (1993). *Sacred Architecture*: Element Books.
- Manna, A., Raffone, A., Perrucci, M. G., Nardo, D., Ferretti, A., Tartaro, A., et al. (2010). Neural correlates of focused attention and cognitive monitoring in meditation. *Brain Res Bull*, 82(1-2), 46-56.
- Merleau-Ponty, M. (1962). *Phenomenology of Perception*, trans. by Colin Smith. New York: Routledge.
- Moore, A., & Malinowski, P. (2009). Meditation, mindfulness and cognitive flexibility. *Conscious Cogn*, 18(1), 176-186.
- Nash, J. D., & Newberg, A. (2013). Toward a unifying taxonomy and definition for meditation. *Front Psychol*, 4, 806.
- Nehamas, A. (2007). *Only a Promise of Happiness*. Princeton, New Jersey, USA: Princeton University Press.
- Newberg, A. B., & D'Aquili, E. G. (1998). The Neuropsychology of Spiritual Experience. In H. G. Koenig (Ed.), *Handbook of Mental Health*. San Diego, CA: Academic Press.
- Nobre, A. C., Coull, J. T., Maquet, P., Frith, C. D., Vandenberghe, R., & Mesulam, M. M. (2004). Orienting attention to locations in perceptual versus mental representations. *J Cogn Neurosci*, 16(3), 363-373.
- Norberg-Schulz, C. (1974). *Meaning in Western Architecture*. New York: Rizzoli.
- Ouellette, P., Kaplan, R., & Kaplan, S. (2005). The monastery as a restorative environment. *Journal of Environmental Psychology*, 25, 175-188.
- Radua, J., Phillips, M. L., Russell, T., Lawrence, N., Marshall, N., Kalidindi, S., et al. (2010). Neural response to specific components of fearful faces in healthy and schizophrenic adults. *Neuroimage*, 49(1), 939-946.
- Rapoport, A. (1990). *The Meaning of the Built Environment: A Nonverbal Communication Approach*. Tucson, Arizona: The University of Arizona Press.
- Robinson, S., & Pallasmaa, J. (Eds.). (2015). *Mind in Architecture: Neuroscience, Embodiment, and the Future of Design*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- Rozzi, S., Ferrari, P. F., Bonini, L., Rizzolatti, G., & Fogassi, L. (2008). Functional organization of inferior parietal lobule convexity in the macaque monkey: electrophysiological characterization of motor, sensory and mirror responses and their correlation with cytoarchitectonic areas. *Eur J Neurosci*, 28(8), 1569-1588.
- Schjoedt, U. (2009). The religious brain: A general introduction to the experimental neuroscience of religion. *Method and Theory in the Study of Religion*, 21, 310-339.
- Shimomura, T., Fujiki, M., Akiyoshi, J., Yoshida, T., Tabata, M., Kabasawa, H., et al. (2008). Functional brain mapping during recitation of Buddhist scriptures and repetition of the Namu Amida Butsu: a study in experienced Japanese monks. *Turk Neurosurg*, 18(2), 134-141.
- Singh-Curry, V., & Husain, M. (2009). The functional role of the inferior parietal lobe in the dorsal and ventral stream dichotomy. *Neuropsychologia*, 47(6), 1434-1448.
- Slagter, H. A., Lutz, A., Greischar, L. L., Francis, A. D., Nieuwenhuis, S., Davis, J. M., et al. (2007). Mental training affects distribution of limited brain resources. *PLoS Biol*, 5(6), e138.

- Sternberg, E. M. (2009). *Healing Spaces: The Science of Place and Well-being*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Tagini, A., & Raffone, A. (2010). The 'I' and the 'Me' in self-referential awareness: a neuro-cognitive hypothesis. *Cogn Process*, 11(1), 9-20.
- Tang, Y. Y., Holzel, B. K., & Posner, M. I. (2015). The neuroscience of mindfulness meditation. *Nat Rev Neurosci*, 16(4), 213-225.
- Tang, Y. Y., Ma, Y., Fan, Y., Feng, H., Wang, J., Feng, S., et al. (2009). Central and autonomic nervous system interaction is altered by short-term meditation. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 106(22), 8865-8870.
- Thompson, R. W., Arnkoff, D. B., & Glass, C. R. (2011). Conceptualizing mindfulness and acceptance as components of psychological resilience to trauma. *Trauma Violence Abuse*, 12(4), 220-235.
- Travis, F., & Shear, J. (2010). Focused attention, open monitoring and automatic self-transcending: Categories to organize meditations from Vedic, Buddhist and Chinese traditions. *Conscious Cogn*, 19(4), 1110-1118.
- Tzourio-Mazoyer, N., Landeau, B., Papathanassiou, D., Crivello, F., Etard, O., Delcroix, N., et al. (2002). Automated anatomical labeling of activations in SPM using a macroscopic anatomical parcellation of the MNI MRI single-subject brain. *Neuroimage*, 15(1), 273-289.
- Ulrich, R. S., Simons, R. F., Losito, B. D., Fiorito, E., Miles, M. A., & Zelson, M. (1991). Stress recovery during exposure to natural and urban environments. *Journal of Environmental Psychology*, 11(3), 201-230.
- Vartanian, O., Navarrete, G., Chatterjee, A., Fich, L. B., Gonzalez-Mora, J. L., Leder, H., et al. (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.
- Wang, D. J., Rao, H., Korczykowski, M., Wintering, N., Pluta, J., Khalsa, D. S., et al. (2011). Cerebral blood flow changes associated with different meditation practices and perceived depth of meditation. *Psychiatry Res*, 191(1), 60-67.
- Williams, K. A., Kolar, M. M., Reger, B. E., & Pearson, J. C. (2001). Evaluation of a Wellness-Based Mindfulness Stress Reduction intervention: a controlled trial. *Am J Health Promot*, 15(6), 422-432.
- Zeidan, F., Emerson, N. M., Farris, S. R., Ray, J. N., Jung, Y., McHaffie, J. G., et al. (2015). Mindfulness Meditation-Based Pain Relief Employs Different Neural Mechanisms Than Placebo and Sham Mindfulness Meditation-Induced Analgesia. *J Neurosci*, 35(46), 15307-15325.

Nota: Este artículo es una traducción al español del artículo original en inglés titulado "Externally-induced meditative states: an exploratory fMRI study of architects' responses to contemplative architecture", publicado en *Frontiers of Architectural Research*, Vol. 6, Número 2, junio de 2017, páginas 123-136, ISSN 2095-2635, <https://doi.org/10.1016/j.foar.2017.02.002>.

Abstract: Built environments can induce contemplative states; however, direct evidence of their impact on the brain remains limited. This exploratory study investigated the neural correlates of internal states elicited by architectural environments designed to promote contemplative experiences. Responses from 12 architects were examined while viewing images of both ordinary and contemplative architecture, using functional magnetic resonance imaging (fMRI) and self-reports.

Images of contemplative buildings: (1) elicited attentive, receptive, and absorptive experiences, while reducing internal dialogue; (2) produced decreased activation in the prefrontal cortex; and (3) activated the occipital lobe, precentral gyrus, and inferior parietal lobule. These findings suggest that observing architecture designed for contemplation may evoke phenomenological and neural states that consistently differ from those induced by buildings serving everyday functions.

The depth of these externally induced states was negatively correlated with activation of the Default Mode Network. This study points toward a novel approach to investigating how contemplation may be cultivated within the human brain–mind system.

Keywords: contemplation - meditation - architecture - embodiment - phenomenology - neuroscience

Resumo: Ambientes construídos podem induzir estados contemplativos; no entanto, faltam evidências diretas sobre seu impacto no cérebro. Este estudo exploratório investigou os correlatos neurais de estados internos provocados por arquiteturas projetadas para promover experiências contemplativas. Foram analisadas as respostas de 12 arquitetos diante de imagens de arquiteturas comuns e contemplativas, por meio de ressonância magnética funcional (fMRI) e autorrelatos.

As imagens de edifícios contemplativos: (1) induziram experiências atentas, receptivas e absorventes, reduzindo o diálogo interno; (2) produziram diminuição da ativação no córtex pré-frontal; e (3) ativaram o lobo occipital, o giro pré-central e o lobo parietal inferior. Esses resultados sugerem que a observação de arquiteturas projetadas para a contemplação pode evocar estados fenomenológicos e neurais que diferem de forma consistente daqueles induzidos por edifícios de uso cotidiano.

A profundidade desses estados induzidos externamente correlacionou-se negativamente com a ativação da Rede de Modo Padrão. Este estudo aponta para uma nova forma de investigar como a contemplação pode ser cultivada no sistema cérebro–mente humano.

Palavras-chave: contemplação - meditação - arquitetura - corporeidade - fenomenologia - neurociência

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

Julio Bermúdez. Presidente del *Architecture, Culture, and Spirituality Forum*, una organización de más de 1.000 miembros (de 65 países) que cofundó en 2007. Su trabajo se centra en la relación entre el mundo construido y el mundo espiritual a través de la fenomenología y la neurociencia, temas sobre los cuales ha enseñado, dictado conferencias, organizado simposios, realizado investigaciones y publicado en forma extensa. Ha participado también en numerosas plataformas mediáticas, incluyendo su aparición en el programa *Closer to Truth* de la televisión pública estadounidense y en *La historia de Dios* con Morgan Freeman de *National Geographic*. Sus proyectos actuales incluyen tres estudios empíricos sobre arquitectura sagrada y secular (respaldados por US\$1.5 millones en becas del *Templeton Religion Trust*). Es el autor de tres libros: *Transcending Architecture. Contemporary Views on Sacred Space, Architecture, Culture, and Spirituality* (con Thomas Barrie y Phillip Tabb), y *Spirituality in Architectural Education*. bermudez@cua.edu. School of Architecture and Planning. The Catholic University of America, 620 Michigan Ave. NE, Washington, DC 20064, EE.UU.

David Krizaj. Department of Ophthalmology and Visual Sciences and Department of Neurobiology & Anatomy, School of Medicine, University of Utah, 65 Mario Capecchi Dr., Salt Lake City, UT 84132, EE.UU.

David L. Lipschitz - Yoshio Nakamura. Utah Center for Exploring Mind-Body Interactions, Pain Research Center, Department of Anesthesiology, University of Utah, 615 Arapeen Drive, Suite 200, Salt Lake City, UT 84108, EE.UU.

Charles Elliott Bueler, Jadwiga Rogowska, Deborah Yurgelun-Todd. Cognitive Neuroimaging Laboratory, Department of Psychiatry, University of Utah, 383 Colorow Drive, Room 323, Salt Lake City, UT 84108, EE.UU.

Diseño del aula, percepción ambiental y aprendizaje: estudio exploratorio en un entorno educativo real

Vanina Salinas⁽¹⁾

Resumen: Este trabajo analiza la relación entre el diseño del aula y el aprendizaje a partir del estudio de variables ambientales y su percepción por parte de estudiantes en un entorno educativo real. Desde una revisión bibliográfica en el campo de la neuroarquitectura, la psicología ambiental y la neuroeducación, se identifican siete variables relevantes en la configuración del espacio: color, olor, forma, sonido, biofilia, iluminación/temperatura y funcionalidad/personalización.

La investigación se desarrolla a través de un estudio de caso en CIL Language School (Córdoba, Argentina), institución que implementa una metodología de enseñanza basada en la generación de emociones positivas (CILMETHOD®). Se aplica una adaptación de la herramienta EAPA (Escala de Autopercepción de Ambientes) mediante un cuestionario online a una muestra de 20 estudiantes de entre 10 y 15 años, con el objetivo de relevar la percepción del entorno físico y su relación con la experiencia de aprendizaje.

Los resultados evidencian que el 75% de los estudiantes reconoce la influencia del ambiente en su experiencia, identificando como variables más perceptibles el color, el sonido y la iluminación. Asimismo, se registran tanto experiencias positivas —asociadas a motivación, calma y satisfacción— como negativas, vinculadas a cansancio y estrés.

A partir de estos hallazgos, se desarrollan lineamientos proyectuales orientados a mejorar las condiciones espaciales del aula, integrando criterios de diseño basados en evidencia. El estudio aporta una aproximación exploratoria que vincula percepción ambiental, experiencia del usuario y diseño de espacios educativos, contribuyendo a la construcción de entornos de aprendizaje más conscientes y orientados al bienestar.

Palabras Clave: neuroarquitectura - ambientes de aprendizaje - diseño de espacios educativos - percepción ambiental - variables ambientales - neuroeducación

[Resúmenes en inglés y portugués en la página 67]

(1) Ver CV en pág. 68

1. Introducción

En los últimos años, el vínculo entre el entorno físico y los procesos de aprendizaje ha comenzado a adquirir mayor relevancia en el campo de la investigación educativa y el diseño de espacios. Diversos estudios provenientes de la neurociencia, la psicología ambiental y la arquitectura han puesto en evidencia que el espacio no constituye un soporte neutro de la actividad humana, sino que actúa como un agente activo que influye en la percepción, el comportamiento y la experiencia de quienes lo habitan (de Paiva & Jedon, 2019; Pallasmaa, 2011).

Desde esta perspectiva, el entorno construido puede ser comprendido como un sistema de estímulos que el cerebro procesa de manera constante, muchas veces de forma no consciente, generando asociaciones que impactan en la memoria, la atención y los estados emocionales. En contextos educativos, esta relación adquiere especial relevancia, ya que los procesos de enseñanza y aprendizaje no dependen únicamente de los contenidos o de las metodologías pedagógicas, sino también de las condiciones espaciales en las que dichos procesos se desarrollan. En este sentido, la evidencia ha mostrado que el diseño del aula puede influir en variables como el rendimiento académico, la atención y el bienestar de los estudiantes (Barrett et al., 2015).

En este marco, la neuroarquitectura y la neuroeducación aportan un enfoque integrador que permite analizar cómo determinadas variables ambientales —como el color, la iluminación, el sonido, la temperatura, la forma, la presencia de elementos naturales y las condiciones de uso del espacio— pueden incidir en la experiencia del usuario y, potencialmente, en la calidad del aprendizaje. Estas variables no actúan de manera aislada, sino que interactúan entre sí, configurando entornos que pueden favorecer o dificultar procesos como la concentración, la motivación, la comunicación y la construcción de conocimiento (Zerbini & Merrow, 2017; Mora, 2013).

El presente trabajo se inscribe en esta línea de investigación y toma como caso de estudio a CIL Language School, institución educativa ubicada en la ciudad de Córdoba, Argentina, que implementa una metodología propia de enseñanza de idiomas basada en la generación de emociones positivas como condición para el aprendizaje (CILMETHOD®). Bajo la premisa de que “sin emoción no hay aprendizaje”, el espacio físico del aula adquiere un rol fundamental como soporte de dicha metodología, requiriendo ser pensado en coherencia con los procesos que busca promover (Azevedo, 2012).

A partir de este contexto, el objetivo de la investigación es identificar y analizar la percepción de siete variables ambientales —color, olor, forma, sonido, biofilia, iluminación/temperatura y funcionalidad/personalización— en estudiantes que habitan el espacio educativo, con el fin de comprender de qué manera estas variables se vinculan con la experiencia del entorno y qué implicancias pueden tener en el diseño de espacios de aprendizaje.

En este sentido, el trabajo no se propone establecer relaciones causales directas entre el diseño del aula y los resultados académicos, sino aportar una aproximación exploratoria que permita visibilizar el rol del ambiente en la experiencia educativa y generar lineamientos proyectuales basados en evidencia para el diseño de entornos más conscientes, coherentes y orientados al bienestar

2. Marco teórico

2.1. Entorno físico y procesos de aprendizaje

El estudio de la relación entre el entorno construido y el comportamiento humano ha sido ampliamente abordado desde la psicología ambiental y, más recientemente, desde la neuroarquitectura. Ambas disciplinas coinciden en que el espacio no actúa como un mero contenedor de actividades, sino como un sistema activo que influye en los procesos cognitivos, emocionales y conductuales de sus usuarios (de Paiva & Jedon, 2019).

En el ámbito educativo, esta relación adquiere especial relevancia, dado que el aprendizaje no ocurre de manera aislada, sino en interacción constante con el entorno. En este sentido, investigaciones recientes han demostrado que el diseño del aula puede incidir significativamente en el rendimiento académico de los estudiantes, así como en variables como la atención, el comportamiento y el bienestar. Un estudio desarrollado por Barrett et al. (2015), basado en el análisis de 153 aulas y 3766 estudiantes, evidenció que las características físicas del entorno pueden explicar hasta un 16% de la variabilidad en el progreso académico. Desde esta perspectiva, el espacio educativo debe ser entendido como una variable pedagógica en sí misma, capaz de potenciar o limitar los procesos de enseñanza y aprendizaje.

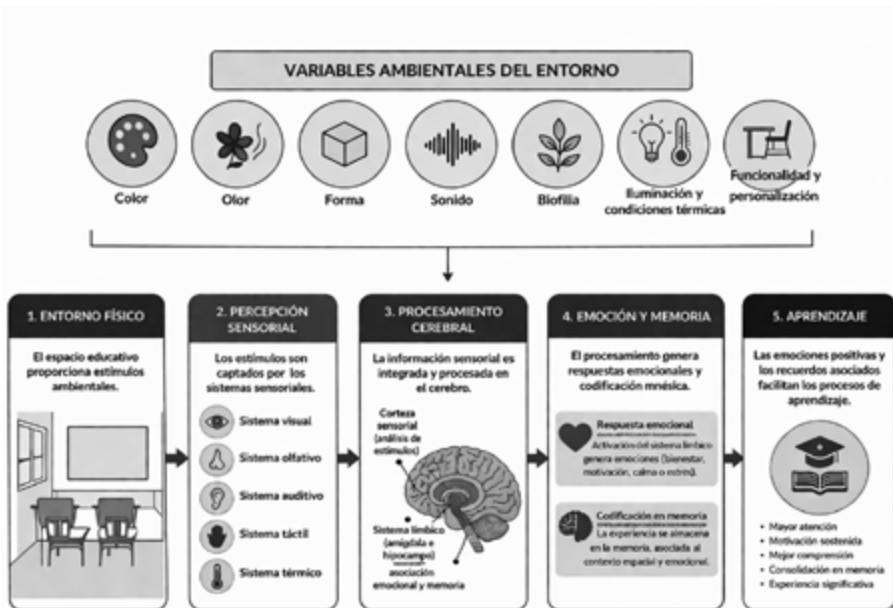


Figura 1. Relación entre variables ambientales, procesamiento cerebral y aprendizaje. Fuente: Elaboración propia a partir de la literatura en neuroarquitectura, psicología ambiental y neuroeducación.

2.2. Percepción, emoción y memoria en la experiencia espacial

El cerebro humano procesa constantemente información proveniente del entorno a través de los sentidos, generando interpretaciones que muchas veces ocurren de forma no consciente. Esta información es integrada en redes neuronales que vinculan percepción, emoción y memoria, configurando la experiencia del espacio (Pallasmaa, 2011).

En este sentido, la evidencia en neurociencias sugiere que la emoción cumple un rol central en los procesos de aprendizaje, ya que los estímulos emocionalmente significativos tienen mayor probabilidad de ser codificados y retenidos en la memoria a largo plazo (Mora, 2013). Esta relación entre emoción y aprendizaje resulta especialmente relevante en contextos educativos, donde la calidad de la experiencia puede influir directamente en la capacidad de atención, la motivación y la consolidación del conocimiento.

Bajo esta lógica, el entorno físico puede actuar como modulador emocional, favoreciendo estados que potencien el aprendizaje o, por el contrario, generando condiciones que dificulten la concentración y el procesamiento de la información.

2.3. Variables ambientales en entornos educativos

Diversos estudios han identificado un conjunto de variables ambientales que inciden en la experiencia del usuario dentro del espacio construido. En el contexto educativo, estas variables adquieren un rol estratégico en la configuración de entornos de aprendizaje más efectivos.



Figura 1. Variables ambientales consideradas en el análisis de la percepción del entorno educativo. **Fuente:** Elaboración propia a partir de la revisión bibliográfica y de la adaptación de la herramienta EAPA.

- **Color:** El color constituye un estímulo perceptivo de alta influencia en la experiencia espacial. Se ha demostrado que diferentes tonalidades pueden generar respuestas emocionales específicas, afectando el nivel de activación, la atención y la productividad. Los colores cálidos, por ejemplo, tienden a estimular la actividad y la concentración, mientras que ciertos tonos suaves pueden inducir estados de calma (Greene et al., 1983).
- **Iluminación y temperatura:** La iluminación es una de las variables más influyentes en el comportamiento humano dentro del espacio. La exposición a luz natural ha sido asociada con mejoras en la atención, el estado de ánimo y la calidad del sueño, mientras que condiciones lumínicas inadecuadas pueden afectar los ritmos circadianos y el rendimiento cognitivo (Monteoliva et al., 2017; Zerbini & Merrow, 2017). Por su parte, la temperatura ambiental también incide en el desempeño, ya que el cerebro es altamente sensible a variaciones térmicas, afectando la concentración y la estabilidad emocional.
- **Sonido:** El entorno acústico influye directamente en la capacidad de procesamiento de la información. Niveles elevados de ruido pueden interferir en la comunicación y dificultar la comprensión, mientras que ambientes con adecuado control acústico favorecen la concentración y el aprendizaje (Duarte, 2003).
- **Biofilia:** El concepto de biofilia refiere a la afinidad innata del ser humano con la naturaleza. La incorporación de elementos naturales en el entorno construido ha demostrado efectos positivos en la reducción del estrés, la mejora de la atención y el aumento del bienestar. En entornos educativos, estrategias biofílicas pueden contribuir a mejorar el rendimiento académico y la experiencia del usuario (Daly et al., 2010).
- **Aromas:** El sentido del olfato tiene una fuerte vinculación con los sistemas emocionales y de memoria del cerebro. Si bien su aplicación en espacios educativos ha sido menos explorada, se reconoce su potencial para generar asociaciones significativas y contribuir a la experiencia sensorial del entorno (Hoare, 2010).
- **Forma, funcionalidad y personalización:** La configuración espacial, incluyendo la forma, la distribución del mobiliario y las posibilidades de uso del espacio, influye en la dinámica de interacción y en la experiencia del aprendizaje. Espacios flexibles, adaptables y centrados en el usuario favorecen la participación, la creatividad y la apropiación del entorno. Asimismo, la posibilidad de personalización se asocia con mayores niveles de confort y productividad (Revista Electrónica Educare, 2015).

2.4. Interacción entre variables y diseño basado en evidencia

Un aspecto central en el estudio del entorno construido es que las variables ambientales no actúan de manera aislada, sino en interacción constante. Modificaciones en una variable pueden impactar en otras, generando efectos combinados que influyen en la experiencia global del espacio.

Desde esta perspectiva, el diseño de entornos educativos requiere un enfoque integrador que considere la coherencia entre las distintas variables, evitando abordajes fragmentados.

El diseño basado en evidencia se presenta como una estrategia clave para fundamentar decisiones proyectuales a partir de conocimientos científicos, permitiendo generar espacios más eficientes, saludables y alineados con las necesidades de sus usuarios.

3. Metodología

El presente trabajo se enmarca dentro de un **enfoque exploratorio**, con el objetivo de analizar la relación entre variables ambientales del espacio educativo y la percepción de los estudiantes en un contexto real de aprendizaje. La investigación combina una **revisión bibliográfica** con un **estudio de caso**, permitiendo articular fundamentos teóricos con evidencia empírica situada.

3.1. Diseño de la investigación

El diseño metodológico adoptado es de tipo **cualitativo-cuantitativo de carácter exploratorio**, centrado en el análisis de la percepción ambiental de los usuarios. Este enfoque resulta pertinente para abordar fenómenos complejos como la experiencia espacial, donde intervienen dimensiones cognitivas, emocionales y sensoriales que no pueden ser completamente capturadas mediante indicadores exclusivamente objetivos.

La investigación se estructura en tres etapas:

- **Revisión bibliográfica**, orientada a identificar variables ambientales relevantes en el diseño de espacios educativos.
- **Estudio de caso**, desarrollado en un entorno educativo específico.
- **Relevamiento empírico**, mediante la aplicación de un instrumento de autopercepción ambiental.

3.2. Caso de estudio

El estudio se desarrolla en **CIL Language School**, institución educativa ubicada en la ciudad de Córdoba, Argentina, dedicada a la enseñanza de idiomas. La escuela implementa una metodología propia —CILMETHOD®— basada en la generación de emociones positivas como condición para el aprendizaje, lo que implica una relación directa entre el espacio físico y los procesos pedagógicos.

El aula analizada corresponde a un entorno de enseñanza presencial, utilizado en jornadas de aproximadamente una hora y media en horario vespertino, donde los estudiantes desarrollan actividades vinculadas al aprendizaje del idioma.

3.3. Muestra

La muestra estuvo compuesta por **20 estudiantes de entre 10 y 15 años**, pertenecientes a **dos cursos** de la institución. Los participantes asistieron a clases presenciales durante un período anual completo y, posteriormente, atravesaron la experiencia de clases virtuales durante el contexto de pandemia, lo que les permitió contar con referencias comparativas en relación con el espacio físico de aprendizaje.

La selección de la muestra responde a un criterio de **conveniencia**, en función de la accesibilidad y la pertenencia de los estudiantes al caso de estudio analizado.

3.4. Instrumento de recolección de datos

Para el relevamiento de la información se utilizó una **adaptación de la herramienta EAPA** (Escala de Autopercepción de Ambientes), desarrollada por Neuroarq Academy (s.f.), adaptada en el presente estudio al contexto educativo específico. Este instrumento permite evaluar la percepción de los usuarios en relación con distintos aspectos del entorno construido.

La herramienta fue adaptada al contexto educativo específico del estudio, incorporando preguntas orientadas a relevar la percepción de **siete variables ambientales**:


















- color
- olor
- forma
- sonido
- biofilia
- iluminación y temperatura
- funcionalidad y personalización del espacio

El cuestionario fue administrado en formato **online**, facilitando la participación de los estudiantes y la sistematización de los datos.

3.5. Variables analizadas

Las variables consideradas en el estudio fueron definidas a partir de la revisión bibliográfica y organizadas en función de su incidencia en la experiencia espacial. Estas variables abarcan dimensiones sensoriales, perceptivas y funcionales del entorno, permitiendo una lectura integral del espacio educativo.

Tabla 1. Variables ambientales y dimensiones de análisis del entorno educativo

VARIABLE	DIMENSIÓN PERCEPTUAL	TIPO DE ESTÍMULO	SISTEMA SENSORIAL INVOLUCRADO	IMPACTO ESPERADO EN EL APRENDIZAJE
 Color	Visual	Estímulo cromático	 Visual	Favorece la activación emocional, la atención y la identificación del entorno.
 Iluminación y condiciones térmicas	Visual / fisiológica	Luz natural/artificial, temperatura, ventilación	 Visual  Fisiológico	Regula ritmos circadianos, mejora el confort y sostiene la concentración y el estado de alerta.
 Sonido	Auditiva	Ruido ambiental, acústica del aula	 Auditivo	Puede facilitar la concentración (o interferir mediante distracciones o niveles excesivos de ruido).
 Olor	Olfativa	Aromas ambientales y naturales	 Olfativo	Genera asociaciones emocionales, evoca recuerdos y favorece la memoria.
 Biofilia	Multisensorial	Elementos naturales (plantas, luz natural, materialidad orgánica)	   Multisensorial	Reduce el estrés, mejora el bienestar y restaura la atención, promoviendo un estado óptimo para aprender.
 Forma	Espacial / visual	Configuración, proporciones y organización del espacio	 Visual / espacial	Facilita la orientación, la percepción de control y la comprensión del uso del espacio.
 Funcionalidad y personalización	Conductual / cognitiva	Usabilidad del mobiliario, adaptación a necesidades, apropiación del espacio	 Conductual / cognitivo	Incrementa la motivación, el sentido de pertenencia y el vínculo con el entorno, potenciando el compromiso y la participación.

Fuente. elaboración propia a partir de la revisión teórica y adaptación de la herramienta EAPA (Neuroarq Academy)

El análisis se centró en:

- el grado de **percepción de cada variable** por parte de los estudiantes,
- la **valoración de la experiencia** (positiva, negativa o neutral),
- las **emociones asociadas** al entorno,
- y el nivel de **reconocimiento del impacto del ambiente** en dicha experiencia.

3.6. Análisis de los datos

Los datos obtenidos fueron analizados de manera descriptiva, identificando patrones de percepción, tendencias en la valoración de la experiencia y niveles de reconocimiento de las variables ambientales.

El análisis permitió establecer relaciones entre las condiciones espaciales del aula y la experiencia reportada por los estudiantes, así como detectar aspectos problemáticos del entorno y posibles oportunidades de mejora desde una perspectiva proyectual.

4. Resultados

4.1. Percepción general del entorno

A partir de la aplicación del cuestionario basado en la herramienta EAPA, se relevaron las percepciones de los estudiantes en relación con el entorno físico del aula. Los resultados muestran que **el 75% de los estudiantes considera que el ambiente influyó en su experiencia dentro del espacio**, mientras que el resto manifestó dudas o no reconoció dicha influencia de manera explícita.

Asimismo, se observó que un **43,8% de los encuestados declara tener un alto nivel de percepción del entorno**, lo que sugiere que una proporción significativa de los estudiantes registra activamente las condiciones espaciales en las que se desarrolla el proceso de aprendizaje.

4.2. Valoración de la experiencia en el entorno

En relación con la experiencia general en el aula, los resultados evidencian que **el 50% de los estudiantes reporta una experiencia más positiva que negativa**, mientras que el resto presenta valoraciones neutras o negativas.

Dentro de las experiencias positivas, las emociones más mencionadas fueron:

- **satisfacción (56,3%),**
- **calma (37,5%),**
- **motivación (37,5%).**

Por otro lado, entre las experiencias negativas se identificaron principalmente:

- **cansancio (56,3%),**
- **estrés (31,3%).**

Estos datos reflejan la coexistencia de percepciones favorables y desfavorables dentro de un mismo entorno, evidenciando la complejidad de la experiencia espacial en contextos educativos.

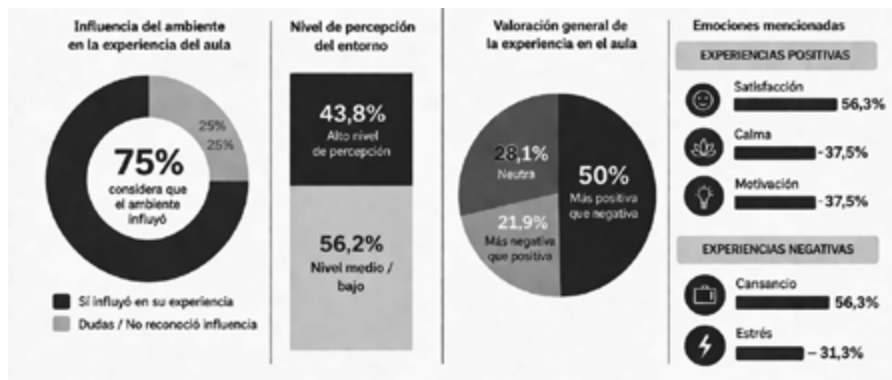


Figura 4 A.

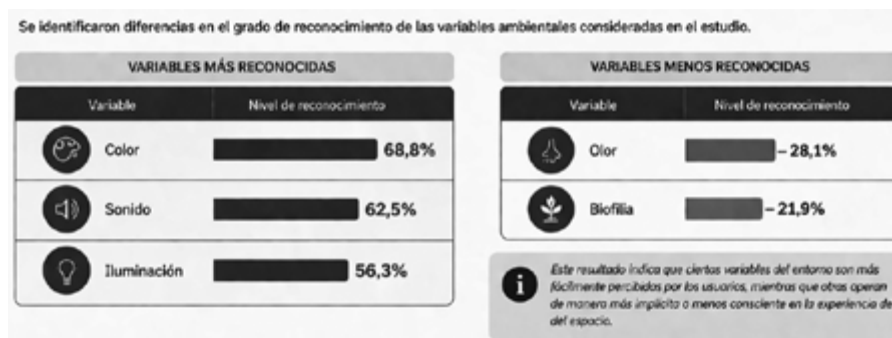


Figura 4 B.

4.3. Reconocimiento de variables ambientales

El análisis de las respuestas permitió identificar diferencias en el grado de reconocimiento de las variables ambientales consideradas en el estudio.

Las variables **más reconocidas por los estudiantes** fueron:

- **color,**
- **sonido,**
- **iluminación.**

En contraste, las variables **menos reconocidas** fueron:

- **olor,**
- **biofilia.**

Este resultado indica que ciertas variables del entorno son más fácilmente percibidas por los usuarios, mientras que otras operan de manera más implícita o menos consciente en la experiencia del espacio. (Ver figura 4B)

4.4. Condiciones espaciales del aula (diagnóstico)

El relevamiento del caso de estudio permitió identificar una serie de condiciones espaciales que caracterizan el aula analizada:

- ausencia de ventilación cruzada debido a la presencia de cerramientos fijos,
- disposición del mobiliario que configura un espacio estático, con escasa flexibilidad para distintas actividades,
- falta de visuales hacia el exterior durante el desarrollo de la clase,
- ausencia de elementos biofílicos,
- uso del color sin un criterio orientado a la experiencia del usuario,
- disposición del pizarrón que genera distracciones,
- configuración espacial asociada a sensaciones de cansancio y estrés en los estudiantes.

4.5. Síntesis de los hallazgos

En conjunto, los resultados evidencian que los estudiantes no solo perciben el entorno físico del aula, sino que también reconocen su influencia en la experiencia educativa. Asimismo, se identifican variables ambientales con mayor nivel de reconocimiento y una coexistencia de experiencias positivas y negativas vinculadas al espacio.

Estos hallazgos permiten establecer una base empírica para el análisis de la relación entre diseño del entorno y experiencia del usuario en contextos de aprendizaje.

5. Discusión

Los resultados obtenidos permiten profundizar en la comprensión del entorno físico como un factor activo en la experiencia educativa, evidenciando que los estudiantes no solo habitan el espacio, sino que lo perciben y lo interpretan en relación con sus propios procesos de aprendizaje.

En primer lugar, el hecho de que el 75% de los estudiantes reconozca la influencia del ambiente en su experiencia sugiere que el espacio no opera únicamente a nivel implícito, sino que puede ser identificado de manera consciente por una proporción significativa de usuarios. Este dato se alinea con los aportes de la psicología ambiental y la neuroarquitectura, que plantean que el entorno construido constituye un sistema de estímulos que incide en la percepción, el comportamiento y los estados emocionales (de Paiva & Jedon, 2019).

Asimismo, la coexistencia de experiencias positivas y negativas dentro de un mismo entorno pone en evidencia la complejidad de la experiencia espacial. Mientras que una parte de los estudiantes asocia el aula con estados de motivación, calma y satisfacción, otro grupo refiere sensaciones de cansancio y estrés. Esta dualidad sugiere que el espacio no actúa de manera homogénea sobre todos los usuarios, sino que su impacto se encuentra mediado por la interacción entre variables ambientales, condiciones de uso y características individuales.

En este sentido, el reconocimiento diferencial de las variables ambientales resulta particularmente significativo. El hecho de que elementos como el color, el sonido y la iluminación sean más fácilmente identificados por los estudiantes, mientras que variables como el olor o la biofilia presentan menor nivel de reconocimiento, permite inferir que ciertos estímulos operan en un plano más consciente, mientras que otros influyen de manera más sutil en la experiencia. Esta observación refuerza la idea de que no todas las variables del entorno son percibidas con la misma intensidad, aunque ello no implique una menor incidencia en los procesos cognitivos o emocionales.

Por otra parte, las condiciones espaciales relevadas en el aula —particularmente la falta de flexibilidad en la disposición del mobiliario, la ausencia de elementos naturales y las limitaciones en la ventilación y la iluminación— permiten establecer una relación con las experiencias negativas reportadas por los estudiantes, como el cansancio y el estrés. En línea con estudios previos, estas condiciones pueden afectar variables como la atención, la concentración y el bienestar, impactando indirectamente en el proceso de aprendizaje (Barrett et al., 2015; Monteoliva et al., 2017).

Un aspecto relevante que emerge del análisis es la interacción entre las variables ambientales. Tal como se plantea en la literatura, el entorno no puede ser comprendido como la suma de elementos aislados, sino como un sistema integrado donde cada decisión de diseño incide en múltiples dimensiones simultáneamente. Por ejemplo, la disposición del mobiliario no solo afecta la funcionalidad del espacio, sino también la dinámica de interacción, los niveles de ruido y la percepción de confort.

En este sentido, los resultados refuerzan la necesidad de abordar el diseño de espacios educativos desde una perspectiva integral, donde la coherencia entre variables permita generar entornos más adecuados a las dinámicas de aprendizaje. Más que intervenir sobre un único aspecto del espacio, se trata de comprender cómo las distintas variables se articulan para configurar experiencias que pueden facilitar o dificultar los procesos educativos. Finalmente, cabe señalar que el presente estudio, al centrarse en la percepción de los usuarios, no busca establecer relaciones causales directas entre el diseño del aula y los resultados académicos, sino aportar evidencia exploratoria que permita visibilizar el rol del ambiente en la experiencia educativa. En este marco, los hallazgos obtenidos constituyen

un punto de partida para futuras investigaciones que profundicen en la relación entre entorno construido y aprendizaje desde enfoques complementarios.

6. Lineamientos proyectuales derivados del estudio

A partir de los resultados obtenidos y su articulación con el marco teórico, es posible establecer una serie de lineamientos proyectuales orientados a mejorar las condiciones del espacio educativo analizado. Estos lineamientos no se plantean como soluciones universales, sino como criterios de diseño basados en evidencia, transferibles a contextos educativos con características similares.

6.1. Flexibilidad y configuración del espacio

Uno de los aspectos más relevantes identificados en el diagnóstico del aula analizada es la disposición estática del mobiliario, la cual limita la adaptación del espacio a distintas dinámicas de aprendizaje y reduce las posibilidades de interacción entre los estudiantes. Esta configuración, asociada a sensaciones de cansancio y rigidez en la experiencia, evidencia una falta de correspondencia entre el entorno físico y las necesidades pedagógicas del contexto.

Diversos estudios han señalado que la organización espacial del aula influye directamente en la participación, la interacción social y los procesos de aprendizaje. En particular, los entornos que permiten configuraciones flexibles favorecen metodologías activas, promoviendo el trabajo colaborativo, la comunicación y la apropiación del espacio por parte de los usuarios (Duarte, 2003). Asimismo, se ha observado que la posibilidad de adaptar el entorno a distintas actividades contribuye a mejorar la experiencia del estudiante, al permitir una mayor correspondencia entre tarea y espacio.

Desde la perspectiva de la neuroarquitectura, la flexibilidad espacial puede ser entendida como una variable que impacta en la percepción de control y en el nivel de confort del usuario, aspectos que se relacionan con la motivación y el compromiso en los procesos de aprendizaje. En este sentido, la rigidez espacial no solo limita el uso funcional del aula, sino que también puede incidir en la experiencia emocional del entorno.

En respuesta a este diagnóstico, se propone la incorporación de **mobiliario móvil y adaptable**, que permita reconfigurar el espacio en función de las actividades pedagógicas. Esta estrategia posibilita transitar desde disposiciones tradicionales hacia configuraciones más dinámicas, como trabajo en grupo, actividades en círculo o instancias individuales, favoreciendo una mayor diversidad de experiencias dentro del aula.

Asimismo, la incorporación de distintos niveles de uso —por ejemplo, mediante almohadones o superficies blandas— amplía las formas de habitar el espacio, promoviendo la exploración, la creatividad y la apropiación por parte de los estudiantes. Estas decisiones proyectuales no solo responden a una lógica funcional, sino que también contribuyen a

generar entornos más acordes a metodologías que integran emoción, movimiento e interacción como parte del proceso de aprendizaje

6.2. Incorporación de biofilia

El diagnóstico del aula analizada evidencia la **ausencia de elementos naturales o referencias a la naturaleza**, lo cual limita la incorporación de estímulos asociados al bienestar y a la regulación emocional de los estudiantes. Esta condición resulta relevante si se considera que el entorno educativo no solo debe responder a criterios funcionales, sino también a variables que inciden en la experiencia subjetiva del usuario.

El concepto de biofilia, entendido como la afinidad innata del ser humano con la naturaleza, ha sido ampliamente desarrollado en estudios que vinculan la presencia de elementos naturales con mejoras en la salud, el bienestar y el rendimiento cognitivo. En el ámbito educativo, la incorporación de estrategias biofílicas ha demostrado efectos positivos en la atención, la reducción del estrés y la disminución de la fatiga mental, aspectos directamente relacionados con los procesos de aprendizaje (Daly, Burchett & Torpy, 2010).

Asimismo, investigaciones en psicología ambiental sugieren que la exposición a entornos con componentes naturales puede favorecer estados de restauración cognitiva, permitiendo recuperar recursos atencionales que se ven afectados en contextos de alta demanda (Kaplan & Kaplan, 1989). En este sentido, la ausencia de biofilia en el aula analizada puede contribuir a explicar, en parte, las sensaciones de cansancio y estrés reportadas por los estudiantes.

Desde una perspectiva proyectual, la incorporación de biofilia no implica necesariamente intervenciones complejas, sino la integración estratégica de elementos que remitan a la naturaleza dentro del espacio educativo. En el caso analizado, se propone la incorporación de **vegetación interior**, evitando su disposición lateral para no interferir en la dinámica de las actividades, así como la inclusión de **superficies o materiales con referencias orgánicas**, que permitan introducir cualidades naturales en el entorno.

Asimismo, la generación de **vínculos visuales con el exterior**, cuando las condiciones lo permiten, constituye una estrategia relevante para ampliar la percepción del espacio y favorecer la conexión con el entorno natural. Estas intervenciones no solo contribuyen a mejorar las condiciones ambientales del aula, sino que también potencian la experiencia del usuario, promoviendo estados emocionales más favorables para el aprendizaje.

En este sentido, la biofilia se posiciona como una variable proyectual capaz de articular bienestar, percepción y desempeño, integrando dimensiones biológicas y espaciales en el diseño de entornos educativos.

6.3. Iluminación natural y confort ambiental

El análisis del aula evidencia limitaciones en el aprovechamiento de la luz natural, asociadas a elementos que restringen su ingreso, así como condiciones mejorables en relación con la ventilación y el control térmico. Estas variables no son únicamente técnicas: forman parte de las condiciones que regulan la experiencia del usuario en el espacio.

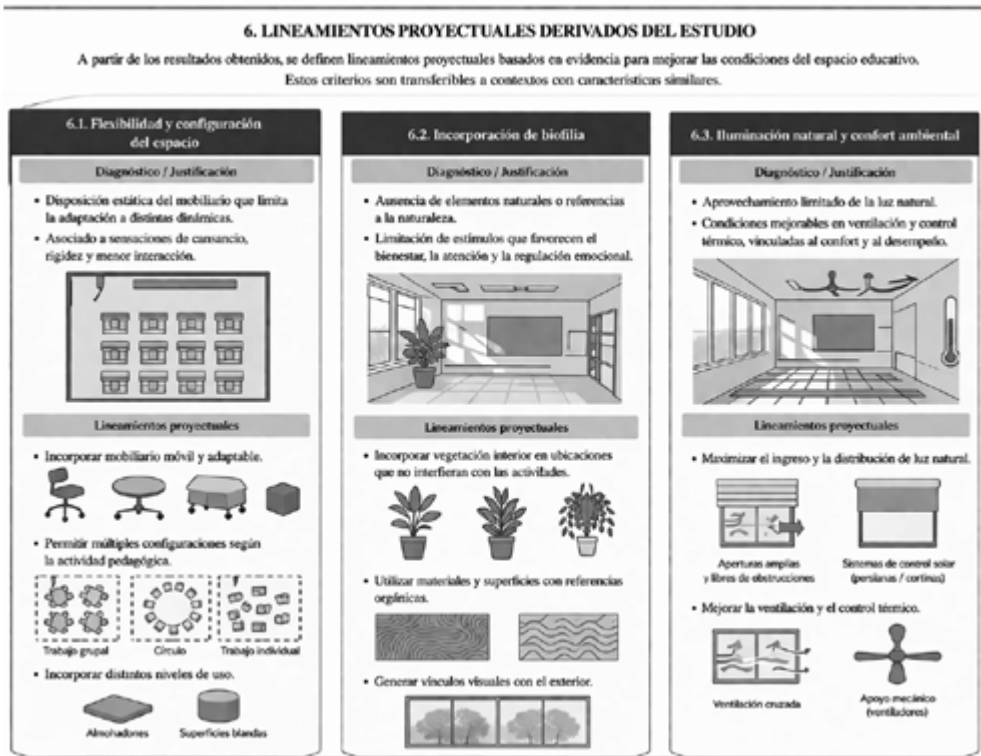


Figura 5. Lineamientos proyectuales derivados del estudio: (6.1) flexibilidad y configuración del espacio (6.2) incorporación de biofilia; (6.3) iluminación natural y confort ambiental.

La luz no es solo una condición visual, sino una **variable biológica** que interviene en la regulación del sistema nervioso. La evidencia muestra que la exposición a luz natural influye en los ritmos circadianos, afectando los niveles de alerta, el estado de ánimo y la capacidad de atención (Zerbini & Merrow, 2017). En entornos educativos, esto se traduce en diferencias en el nivel de concentración y en la calidad de la experiencia durante el aprendizaje. En esta línea, estudios en espacios de aprendizaje han demostrado que la disponibilidad de luz natural se asocia con mejoras en el desempeño atencional y en el procesamiento cognitivo (Monteoliva et al., 2017). Cuando la iluminación es insuficiente o inadecuada, el espacio puede volverse más demandante desde lo fisiológico, generando fatiga y disminución en la capacidad de sostener la atención.

Por su parte, la temperatura ambiental incide directamente en el confort y en el desempeño. El cerebro es sensible a las variaciones térmicas, y condiciones de disconfort pueden afectar la concentración y la estabilidad emocional. En este sentido, la falta de ventilación

cruzada identificada en el aula analizada constituye una limitación relevante en la calidad ambiental del espacio.

Estos factores permiten establecer una relación con las experiencias reportadas por los estudiantes, particularmente aquellas vinculadas al cansancio y al estrés. Si bien no se plantea una relación causal directa, los resultados sugieren que las condiciones ambientales del aula pueden contribuir a configurar una experiencia más o menos favorable para el aprendizaje.

Desde una perspectiva proyectual, se propone **priorizar el ingreso de luz natural**, eliminando elementos que limiten su acceso y favoreciendo una distribución homogénea en el espacio. Complementariamente, se plantea la incorporación de **estrategias de ventilación natural**, que permitan mejorar el control térmico y la calidad del aire interior.

En este sentido, la iluminación y el confort ambiental deben ser abordados como variables centrales en el diseño de espacios educativos, en tanto intervienen directamente en los procesos de regulación, atención y bienestar de los usuarios.

6.4. Uso estratégico del color

El análisis de los resultados evidencia que el **color es una de las variables ambientales más reconocidas por los estudiantes**, lo que indica su alto nivel de incidencia en la percepción del entorno. A diferencia de otras variables que operan de manera más implícita, el color se presenta como un estímulo inmediato, capaz de influir de forma directa en la experiencia del espacio.

Desde la psicología ambiental, el color ha sido estudiado como un factor que incide en los estados emocionales, el nivel de activación y la atención. Diferentes tonalidades pueden generar respuestas específicas en los usuarios, modulando aspectos como la concentración, la calma o la estimulación cognitiva (Greene et al., 1983). En este sentido, el color no constituye un recurso meramente estético, sino una herramienta proyectual con impacto en la experiencia.

En el contexto educativo, su uso adquiere particular relevancia, ya que puede contribuir a acompañar las dinámicas de aprendizaje. Tonalidades más cálidas o vibrantes pueden favorecer estados de mayor activación y participación, mientras que colores más neutros o suaves pueden contribuir a generar entornos de calma y concentración. La elección del color, por lo tanto, debe responder a la intención del espacio y a las actividades que en él se desarrollan.

En el caso analizado, el diagnóstico del aula señala que el uso actual del color no logra generar experiencias significativas para los estudiantes. Esta condición se vincula con la necesidad de incorporar criterios más intencionales en su aplicación, alineados con los objetivos pedagógicos y con la experiencia del usuario.

A partir de estos hallazgos, se propone la incorporación de **estrategias cromáticas que acompañen la experiencia del espacio**, como la utilización de colores asociados a evaluaciones ambientales positivas en sectores específicos del aula. En particular, la intervención sobre superficies estratégicas —como muros principales— permite introducir el

color de manera controlada, evitando la sobreestimulación y favoreciendo una lectura clara del espacio.

El color puede ser utilizado como herramienta proyectual para modular estados emocionales, favorecer la atención o generar identidad en el espacio. Su aplicación debe ser intencional y coherente con las actividades que se desarrollan en el aula, evitando abordajes meramente estéticos.

6.5. Control acústico y calidad sonora

El sonido se presenta como una de las variables más reconocidas por los estudiantes, lo que evidencia su impacto directo en la experiencia del aula. A diferencia de otros estímulos ambientales que pueden operar de manera más implícita, el entorno acústico se manifiesta de forma constante a través de la interacción, configurando una dimensión central en los espacios de aprendizaje.

El aula es, en esencia, un espacio de comunicación. En este sentido, el problema no radica en la presencia de sonido, sino en las condiciones en las que este se produce y se propaga. La evidencia ha demostrado que ambientes con niveles elevados de ruido o con deficiente calidad acústica pueden interferir en la comprensión del habla, aumentar la carga cognitiva y dificultar el procesamiento de la información (Duarte, 2003). Asimismo, estudios en entornos educativos han señalado que la exposición prolongada a condiciones acústicas inadecuadas puede generar fatiga mental y afectar la atención sostenida.

Desde la perspectiva de la psicología ambiental, el ruido no deseado actúa como un estresor, activando respuestas fisiológicas que pueden impactar en el bienestar y en la capacidad de concentración. En este marco, la calidad sonora del espacio no solo influye en la dimensión funcional de la comunicación, sino también en la experiencia emocional del usuario.

En el caso analizado, la configuración espacial y la disposición del mobiliario inciden en la propagación del sonido, generando condiciones que pueden favorecer la reverberación y la superposición de estímulos auditivos. Esta situación se vincula con los resultados obtenidos, donde parte de los estudiantes reporta experiencias asociadas al cansancio y al estrés, lo que sugiere una posible relación con la calidad acústica del entorno.

Desde una perspectiva proyectual, el control acústico debe ser abordado como una variable de diseño y no como una resolución posterior o residual. Esto implica considerar tanto la organización espacial como la incorporación de materiales que contribuyan a la absorción sonora, reduciendo la reverberación y mejorando la inteligibilidad del habla.

Estrategias como la incorporación de superficies fonoabsorbentes, la utilización de materiales textiles o la reorganización del mobiliario pueden contribuir a mejorar las condiciones acústicas del aula. Asimismo, la definición de zonas dentro del espacio —en función de distintas dinámicas de uso— permite regular los niveles de sonido y favorecer una experiencia más equilibrada.

En este sentido, no se trata de eliminar el sonido, sino de diseñarlo. Regular el entorno acústico implica generar condiciones donde la interacción sea posible sin comprometer la claridad en la comunicación ni la calidad de la experiencia, favoreciendo así procesos de aprendizaje más efectivos y entornos más saludables para sus usuarios

6.6. Coherencia entre variables ambientales

Uno de los aspectos más relevantes que emerge del estudio es que las variables ambientales no actúan de manera aislada, sino en interacción constante. El espacio no se experimenta por partes: se percibe como una totalidad integrada, donde cada estímulo contribuye a la configuración de la experiencia.

Las decisiones de diseño vinculadas a una variable impactan necesariamente en otras. La disposición del mobiliario, por ejemplo, no solo define la organización funcional del aula, sino que incide en la dinámica de interacción, en los niveles de ruido y en la percepción de confort. De la misma manera, la iluminación modifica la percepción del color, y la incorporación de elementos naturales puede influir simultáneamente en la experiencia visual, emocional y atencional del usuario.

Desde la perspectiva de la neuroarquitectura, el entorno construido funciona como un sistema de estímulos multisensoriales que el cerebro procesa de manera simultánea, integrando información proveniente de distintos canales perceptivos en una experiencia unificada (de Paiva & Jedon, 2019). Esta integración ocurre, en gran medida, de forma no consciente, lo que refuerza la idea de que la calidad del espacio no depende únicamente de la resolución individual de cada variable, sino de la coherencia entre ellas.

En este sentido, abordar el diseño del espacio educativo desde una lógica fragmentada puede generar resultados parciales o incluso contradictorios. Intervenciones aisladas — como mejorar la iluminación sin considerar la temperatura, o incorporar color sin evaluar su relación con la acústica y la actividad— pueden no alcanzar a mejorar la experiencia de manera significativa.

Los resultados del estudio refuerzan esta condición: la coexistencia de experiencias positivas y negativas dentro de un mismo entorno sugiere que ciertas variables pueden estar funcionando de manera favorable, mientras que otras operan en sentido contrario, afectando la experiencia global del espacio.

Desde una perspectiva proyectual, esto implica la necesidad de adoptar un enfoque integrador, donde el diseño sea entendido como un proceso de articulación entre variables. No se trata de optimizar cada componente por separado, sino de construir relaciones coherentes entre ellos, alineadas con las dinámicas de uso y con los procesos de aprendizaje que el espacio busca favorecer.

En este marco, el diseño basado en evidencia adquiere un rol central, en tanto permite fundamentar decisiones no solo en términos individuales, sino en su impacto conjunto sobre la experiencia del usuario. La coherencia entre variables se posiciona, así como un criterio clave para la generación de entornos educativos más equilibrados, legibles y orientados al bienestar.

Más que la suma de sus partes, el espacio educativo debe ser concebido como un sistema, donde cada decisión proyectual contribuya a construir una experiencia integrada, capaz de acompañar de manera efectiva los procesos de enseñanza y aprendizaje.

7. Conclusiones

El presente estudio permitió analizar la relación entre el diseño del aula y la experiencia de los estudiantes a partir de la percepción de variables ambientales en un contexto educativo real. Los resultados evidencian que el entorno físico no constituye un soporte neutro, sino que interviene activamente en la forma en que los usuarios experimentan el espacio y desarrollan sus procesos de aprendizaje.

El hecho de que una proporción significativa de los estudiantes reconozca la influencia del ambiente en su experiencia refuerza la idea de que el diseño del espacio educativo incide en dimensiones como la atención, el bienestar y la motivación. Asimismo, la identificación diferencial de las variables —siendo el color, el sonido y la iluminación las más reconocidas— permite comprender que no todos los estímulos del entorno son percibidos con la misma intensidad, aunque todos forman parte de la experiencia.

Por otra parte, la coexistencia de percepciones positivas y negativas dentro de un mismo entorno pone en evidencia la complejidad de la relación entre espacio y usuario. Factores como la disposición del mobiliario, la ausencia de biofilia y las limitaciones en la iluminación y ventilación permiten establecer vínculos con experiencias asociadas al cansancio y al estrés, lo que sugiere la necesidad de revisar las condiciones espaciales desde una perspectiva integral.

En este sentido, uno de los aportes principales del trabajo radica en la traducción de los resultados en lineamientos proyectuales, orientados a mejorar la calidad del entorno educativo a partir de criterios basados en evidencia. La incorporación de flexibilidad espacial, estrategias biofílicas, optimización de la luz natural, uso intencional del color y control acústico no solo responden a variables técnicas, sino que intervienen en la configuración de la experiencia del usuario.

Asimismo, el estudio pone en evidencia que el diseño del espacio no puede abordarse de manera fragmentada. Las variables ambientales interactúan entre sí, configurando un sistema que el usuario percibe de manera integrada. En este marco, la coherencia entre las decisiones proyectuales se presenta como un factor clave para la construcción de entornos más adecuados a los procesos educativos.

Finalmente, cabe señalar que, al tratarse de un estudio exploratorio basado en la percepción de los usuarios, los resultados no buscan establecer relaciones causales directas entre el diseño del aula y los resultados académicos. Sin embargo, constituyen una base relevante para futuras investigaciones que profundicen en esta relación desde enfoques complementarios.

A partir de estos hallazgos, se refuerza la necesidad de avanzar hacia una concepción del diseño educativo que integre conocimiento científico y práctica proyectual, entendiendo que el espacio no solo acompaña el aprendizaje, sino que forma parte activa de su construcción.

Referencias

- Azevedo, L. P. S. L. (2012). *Interior design and school spaces: Influences on learning* (Tesis de maestría). University of Beira Interior.
- Barrett, P., Davies, F., Zhang, Y., & Barrett, L. (2015). The impact of classroom design on pupils' learning: Final results of a holistic, multi-level analysis. *Building and Environment*, 89, 118–133. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.02.013>
- Daly, J., Burchett, M., & Torpy, F. (2010). *Plants in the classroom can improve student performance*. National Interior Plantscape Association.
- de Paiva, A., & Jedon, R. (2019). Short- and long-term effects of architecture on the brain: Towards a theoretical formalization. *Frontiers of Architectural Research*, 8(4), 564–571. <https://doi.org/10.1016/j.foar.2019.07.004>
- Duarte, D. (2003). Ambientes de aprendizaje: Una aproximación conceptual. *Estudios Pedagógicos*, 29, 97–113. <https://doi.org/10.4067/S0718-07052003000100007>
- Greene, T. C., Bell, P. A., & Boyer, W. N. (1983). Coloring the environment: Hue, arousal, and boredom. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 21(4), 253–254.
- Hoare, J. (2010). *Complete guide to smell therapy*. Editora Pensamento.
- Kaplan, R., & Kaplan, S. (1989). *The experience of nature: A psychological perspective*. Cambridge University Press.
- Monteoliva, J. M., Ison, M., Santillán, J., & Pattini, A. (2017). La luz natural en los espacios de aprendizaje y sus efectos en el desempeño del control atencional de los niños. *Revista Ambiente Construido*, 17(3), 157–171.
- Mora, F. (2013). *Neuroeducación: Solo se puede aprender aquello que se ama*. Alianza Editorial.
- Neuroarq Academy. (s.f.). *EAPA: Escala de Autopercepción de Ambientes* [Instrumento de evaluación]
- Pallasmaa, J. (2011). *Los ojos de la piel: La arquitectura y los sentidos*. Gustavo Gili.
- Zerbini, G., & Merrow, M. (2017). It's time to learn: How the chronotype affects education. *Psych Journal*, 6(4), 263–276. <https://doi.org/10.1002/pchj.178>

Nota sobre el uso de herramientas de inteligencia artificial: En la elaboración del presente artículo se utilizaron herramientas de inteligencia artificial exclusivamente como apoyo técnico para la revisión de formato de citación (normas APA) y aspectos formales de redacción. El contenido, desarrollo conceptual y conclusiones son de autoría exclusiva de la autora.

Abstract: This study analyzes the relationship between classroom design and learning through the examination of environmental variables and their perception by students in a real educational setting. Based on a bibliographic review in the fields of neuroarchitecture,

environmental psychology, and neuroeducation, seven relevant variables in spatial configuration are identified: color, smell, form, sound, biophilia, lighting/temperature, and functionality/personalization.

The research is conducted through a case study at CIL Language School (Córdoba, Argentina), an institution that implements a teaching methodology based on the generation of positive emotions (CILMETHOD®). An adaptation of the EAPA tool (Environmental Self-Perception Scale) is applied through an online questionnaire to a sample of 20 students aged 10 to 15, with the aim of assessing the perception of the physical environment and its relationship with the learning experience.

The results show that 75% of the students recognize the influence of the environment on their experience, identifying color, sound, and lighting as the most perceptible variables. Likewise, both positive experiences —associated with motivation, calmness, and satisfaction— and negative experiences —linked to fatigue and stress— are reported. Based on these findings, design guidelines are developed to improve classroom spatial conditions, integrating evidence-based design criteria. The study provides an exploratory approach that connects environmental perception, user experience, and educational space design, contributing to the development of more conscious and well-being-oriented learning environments.

Keywords: neuroarchitecture - learning environments - educational space design - environmental perception - environmental variables - neuroeducation

Resumo: Este trabalho analisa a relação entre o desenho da sala de aula e a aprendizagem a partir do estudo de variáveis ambientais e de sua percepção por parte dos estudantes em um ambiente educacional real. A partir de uma revisão bibliográfica nos campos da neuroarquitetura, da psicologia ambiental e da neuroeducação, identificam-se sete variáveis relevantes na configuração do espaço: cor, odor, forma, som, biofilia, iluminação/temperatura e funcionalidade/personalização.

A pesquisa desenvolve-se por meio de um estudo de caso na CIL Language School (Córdoba, Argentina), instituição que implementa uma metodologia de ensino baseada na geração de emoções positivas (CILMETHOD®). Aplica-se uma adaptação da ferramenta EAPA (Escala de Autopercepção de Ambientes) por meio de um questionário online a uma amostra de 20 estudantes entre 10 e 15 anos, com o objetivo de analisar a percepção do ambiente físico e sua relação com a experiência de aprendizagem.

Os resultados evidenciam que 75% dos estudantes reconhecem a influência do ambiente em sua experiência, identificando como variáveis mais perceptíveis a cor, o som e a iluminação. Também se registram tanto experiências positivas — associadas à motivação, calma e satisfação — quanto negativas, relacionadas ao cansaço e ao estresse.

A partir desses achados, são desenvolvidas diretrizes projetuais voltadas à melhoria das condições espaciais da sala de aula, integrando critérios de desenho baseados em evidências. O estudo oferece uma abordagem exploratória que articula percepção ambiental, experiência do usuário e desenho de espaços educacionais, contribuindo para a construção de ambientes de aprendizagem mais conscientes e orientados ao bem-estar.

Palavras-chave: neuroarquitectura - ambientes de aprendizagem - desenho de espaços educacionais - percepção ambiental - variáveis ambientais - neuroeducação

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

Vanina Salinas. Arquitecta y urbanista (UNC, Argentina), con posgrado en Arquitectura Interior (UBA) y formación en neurociencias aplicadas a la arquitectura (MBA en curso, Brasil). Es presidenta de la Fundación CON NEUROARQ®, desde donde lidera investigación, formación y difusión en Latinoamérica. Dirige el Diplomado en Neuroarquitectura y es miembro de ANFA y ACE. Es autora del libro *Neuroarquitectura: Diseñar con ciencia, un espacio a la vez* (2025). Su trabajo integra evidencia científica y diseño para comprender cómo los espacios influyen en la experiencia, el comportamiento y el aprendizaje.

Inclusión: accesibilidad cognitiva y para la integración sensorial. Coordenadas espaciales para el diseño: urbanismo y arquitectura

Berta L. Brusilovsky Filer⁽¹⁾

Resumen: Innovaciones que reflejan la confianza de la autora en las potencialidades de los entornos y la arquitectura para generar cambios sociales y que desde un enfoque de diseño se deberían introducir en una sociedad abierta e inclusiva donde la diversidad humana resulta un factor clave para la planificación urbana y la imaginación espacial: mejoras que en materia de diseño y organización espacial benefician a todas las personas. Cambios naturales y culturales que se pueden dar cuando la sociedad es interactiva, tiene curiosidad y centra sus políticas con el objetivo de la participación y respeto por la dignidad de todos sus miembros. Contenidos que se basan en investigaciones en accesibilidad universal, neurociencia, estudios teóricos, experiencias participativas, proyectos y análisis discursivo con aportes de la filosofía, la sociología, la neurociencia por un lado; y el urbanismo y la arquitectura como contendores de cambios e innovaciones por el otro. Se vincula el texto a conceptos diferentes por su origen pero que confluyen en *la exclusión como resultado cuando no son respetados*: el conjunto de *servicios* que deben llegar sin matices de exclusión a todo los ciudadanos atendiendo a sus *identidades y necesidades*. Y el concepto de *justicia-Injusticia -sistémica* que puede ser una de las causas de que queden grupos excluidos (directa o indirectamente) de los anteriores que son derechos irrenunciables de cada individuo en su sociedad.

Palabras clave: inclusión - justicia - accesibilidad cognitiva - arquitectura - coordenadas.

[Resúmenes en inglés y portugués en la página 85]

(1) Ver CV en pág. 86

1. Introducción

1.1. Objetivos

Esta exposición no es resultado de *una investigación*, lo es de veinte años de experiencias volcadas en esfuerzos de investigación participativa, proyectos y publicaciones de la autora y colaboradores con amplia experiencia en arquitectura: accesibilidad, neurodiversidad.

Es, en definitiva, una propuesta de los cambios que se deberían introducir en una sociedad democrática para la inclusión total de personas con neurodiversidad. Cambios naturales y culturales que se pueden gestionar cuando la sociedad tiene curiosidad e imaginación, es abierta, interactiva y trabaja por la inclusión y la dignidad de sus miembros: centrando sus esfuerzos en la participación y la calidad de vida, sin excepciones, de todas las personas.

Enunciados que reflejan la confianza en las potencialidades de los entornos y la arquitectura para generar cambios sociales.

Enfoque que integra los principios, fundamentos y componentes formales y organizativos de un futuro inclusivo deseable para apoyar la planificación urbana y la arquitectura. Incorporando el concepto de la neurodiversidad como condición humana y social universal: sensorial, preceptiva, cognitiva, emocional y motora, para el ejercicio efectivo de los derechos humanos y la accesibilidad universal, incluyendo los espectros cognitivos y para la integración sensorial.

1.2. Justificación

La generación y promoción de cambios profundos en los comportamientos sociales es un proceso que no puede encuadrarse dentro de un tiempo determinado ni puede ser forzado cuando se trata de una sociedad donde prevalece la democracia como forma política frente a otros sistemas. Dada la cantidad de variables que intervienen en estas circunstancias: históricas, culturales, económicas y de componentes políticos de esa sociedad se trata de acciones que deben llevarse a cabo con metodologías inclusivas y participativas incluyendo a *todos los ámbitos de la sociedad* y llegando especialmente a los grupos más alejados del centro neurálgico, que se mantienen aún excluidos de las actividades sociales y políticas más importantes.

1.3. Metodología

Se incorpora en la primera parte:

- Una introducción antropológica y sociológica de la exclusión en base a hipótesis históricas, culturales y organizacionales;
- La segunda se centra en los antecedentes;
- La tercera, que se ha denominado “Un giro de 180 grados”, se extiende a lo largo de las intervenciones necesarias para generar a) el cambio: los componentes que deberían introducirse, modificarse o crearse *ex novo* para la inclusión social de las personas con neurodiversidad y b) de las estructuras administrativas y de investigación necesarias para cambiar la realidad.
- La cuarta completa este proceso continuo con el desarrollo de la metodología para el diseño.
- Se cierra con los resultados y la necesidad de continuar construyendo inclusión.

Los componentes que se enuncian forman parte de proyectos e intervenciones que justifican también las hipótesis de trabajo.

1.4. Hipótesis de partida

Dos hipótesis justifican la necesidad de reenfocar la situación actual para la inclusión. La primera hipótesis se centra en la consideración del ser humano como valor, independientemente de su diversidad y en la presencia de barreras que aún impiden el ejercicio de sus derechos fundamentales. La segunda se dirige hacia los centros de poder que mantienen y reproducen esta situación.

Ambas están conectadas: recrean la exclusión por las variables estructurales que se manejan en la diversidad con repercusiones sociales, económicas, organizacionales, individuales y espaciales. Estas últimas es donde se puede intervenir con mayor facilidad e inmediatez aunque parezcan complejas en principio. Cambiar las mentalidades lleva muchos años y esfuerzo de metodologías participativas. Hacerlo en las infraestructuras pudiera parecer algo lento, pero la misma necesidad de mantenerlas, mejorarlas y sustituirlas las hace más dinámicas y mayor es la posibilidad de intervenir sobre ellas.

1) La exclusión es un hecho histórico y cultural basado en variables que priman a la inteligencia y a las capacidades, sobre todo intelectuales y productivas para dar resultados estructurales y riqueza, un enfoque que no considera el peso de *los valores que tienen los seres humanos en su diversidad y que aportan a una sociedad que, aceptando la variedad, crea las mejores condiciones para facilitar las estructuras de aprendizaje, culturales y productivas* para todos.

2) Muchos problemas no resueltos en las infraestructuras urbanas en relación con el desenvolvimiento adaptado a todas las personas tienen que ver *con la falta de difusión y aplicación de metodologías inclusivas de diseño para entornos y edificios que aunque existen, se estudian y utilizan en diferentes ámbitos de pensamiento innovador*: universidades, centros de estudios especializados, proyectos innovadores, no han influido aún sobre la legislación en materia de normas y especialmente en los códigos técnicos que se mantienen dentro de sus límites tradicionales y cumplen unos mínimos que no llegan a resolver las necesidades de seguridad e inclusión de todas las personas con neurodiversidad.

1.5. Resultados

La inclusión exige que los principios, fundamentos y elementos que sustentan la planificación urbana, la arquitectura y el diseño incorporen factores relacionados con la orientación, la comprensión y la facilidad de uso de los espacios: son cruciales para la autodeterminación espacial. Esto es especialmente importante en los espacios donde el ejercicio de los derechos laborales, educativos, recreativos y de salud son fundamentales.

Estos factores promoverán cambios que por vasos comunicantes, influirán en los enfoques sociales, económicos y tecnológicos de la planificación urbana actual y pueden impulsar importantes transformaciones sociales.

2. Antecedentes

En base a las dos hipótesis se introduce en primer lugar el concepto histórico-social sustentado por la “antropología de la exclusión” y en segundo lugar un comentario crítico de cómo el poder de las organizaciones mantiene la exclusión muchas veces voluntaria y otras involuntariamente (sobre todo en relación con aquellas que están sometidas a una dependencia de las organizaciones principales, condición que les impide aligerar su peso o su dependencia, para caminar con mayor libertad en la toma de decisiones).

Considerando el significado de los siguientes conceptos dentro de la neurodiversidad interpretados por la autora. Personas:

- a) neurotípicas (funcionalidades esperadas del SNH¹)
- b) neurodivergentes (funcionalidades que introducen variaciones en el funcionamiento del SNH).
- c) con discapacidad: definición cultural-social. Enunciados de organizaciones sociales que en España trabajan con personas neurodivergentes².

Estas definiciones pueden variar según autores, que pueden leerse en la variadísima bibliografía que existe sobre los conceptos principales³.

2.1 Antropología de la exclusión

La exclusión se ha mirado desde la diferencia de acceso a los bienes que produce la sociedad, pobreza y marginación, últimamente en las sociedades más desarrolladas también consecuencia de la inmigración, de los precios de los bienes de consumo y en especial de las dificultades en el acceso a la vivienda.

Pero el binomio inclusión-exclusión por diversidad o discapacidad se apoya en otros ci-mientos sociales basados también en conceptos de economía como el aporte de producto de cada persona y determinados *valores individuales*: inteligencia, aportes culturales y científicos (se premia a producciones científicas e intelectuales) y deportivos (se diferencia al deporte olímpico del paralímpico).

Un primer aspecto muy importante de la exclusión es que la sociedad busca ser *la mejor* para verse en el espejo de *la perfección (en base a conceptos cualitativos)*. Las personas usan esas mismas referencias porque los medios de comunicación cargan de contenidos de valor a unas *características físicas e intelectuales* que son una aspiración difícil de cumplir y por eso influyen sobre la salud física y psicológica de aquellos que no encuentran *en el*

espejo de sus aspiraciones la condición deseada. De ahí que la salud mental se haya convertido en un grave problema que invade todas las capas de la sociedad desde la infancia hasta los adultos y mayores. La educación desde la infancia y en los entornos familiares, escolares a todos los niveles, es el medio para transmitir los valores de la inclusión y de una convivencia más satisfactoria.

Otro de los factores o consecuencia, en pro de la exclusión es la sobreprotección y la falta de condiciones de entornos y edificios para que todas las personas mantengan su autonomía. Creando esta situación un marcado estado de cuidado de las personas por parte de sus organizaciones o por sus grupos familiares. Esto tiene mucho que ver con los “peligros” que tiene la sociedad en especial para las mujeres con neurodiversidad. Pero incluso en circunstancia donde no se plantean estas situaciones de inseguridad la sobreprotección es muy importante. Hay organizaciones que controlan horarios y agendas así como el comportamiento de las personas para que sean “*aceptadas*” (no sean rechazadas) en sus lugares de educación, de trabajo y de recreación. Se trata de una “matriz cultural de la sobreprotección que emerge como respuesta intentando proteger a las personas con discapacidad” (Saavedra A. 2001).

Pero es una sobreprotección que altera la psicología de las personas disminuyendo las posibilidades de mantener una vida activa y autónoma en muchos casos.

2.2 Injusticia sistémica⁴: poder y exclusión

Injusticia sistémica: desigualdades arraigadas en los sistemas sociales, económicos y ambientales que afectan desproporcionadamente a grupos específicos, obstaculizando el progreso hacia resultados equitativos y sostenibles.

2.2.1 Justificación

La *justicia epistémica* se refiere a la creación de un sistema de conocimiento más justo y ético, que reconoce el valor de todos los tipos de saberes y la experiencia de todos los grupos. Su opuesto, la injusticia epistémica, ocurre cuando se discrimina a personas en sus capacidades para conocer y compartir su conocimiento, ya sea por no ser creídas (injusticia testimonial) o por la falta de un lenguaje y comprensión para interpretar sus propias experiencias (injusticia hermenéutica). Refleja cómo el poder social, los prejuicios, la razón o la autoridad de un discurso, permite revelar los rasgos éticos intrínsecos en las prácticas epistémicas.

La exclusión se mantendrá en tanto las organizaciones con poder para incidir sobre las diferentes tareas de los Estados (legislación y educación) impidan que las innovaciones, ideas y cambios que se gestionan en diferentes ámbitos del conocimiento irradian sobre todos los actores políticos, administrativos y sobre todo normativos de la sociedad.

3. Un giro de 180 grados

¿Cómo hacer ese giro que implica un *cambio en estructuras y comportamientos*? Un cambio de enfoque incluiría un *llamamiento a investigadores y especialistas o referentes* para exponer ideas y proyectos y no solo como simples oyentes de los políticos, administraciones y grupos de poder.

Por otro lado:

- Si no existe un verdadero reconocimiento de las aspiraciones de las personas de ser realmente *parte y no añadido* se mantendrá la situación histórica de exclusión.
- A partir de esa aceptación, estableciendo las rutas que con mayor rapidez puedan influir en que la aceptación sea natural y no forzada.

La frase del filósofo Slavoj Žižek⁵ sobre la arquitectura resulta apropiada en este momento y lugar, ya que las metodologías que se describen y que la autora postula como aquellas *que facilitan la lectura y comprensibilidad de los espacios* como un derecho se adapta perfectamente a la frase “Los arquitectos no tienen nada que aprender de los filósofos: sus edificios hablan un lenguaje que traspasa lo visible”. El crítico cultural cree “*Que una corriente estética va mucho más allá de lo que está a simple vista*” y que “*La arquitectura se materializa como una especie de marcador cultural que puede ser analizado, y que habla del contexto cultural en el que se concibió*”. Aun estando completamente de acuerdo con estas afirmaciones, se debería agregar que esto requiere que detrás de una obra de arquitectura y su reflejo en el espacio urbano, haya mucho más que un mero reflejo de la normativa, organización funcional, elementos constructivos, materiales y estética. Debe haber un conocimiento muy interiorizado no solo funcional de las personas y sus necesidades: las personas son mucho más que desarrolladores de actividades y muestrarios de necesidades. Son individuos con estados y sentimientos muy variados; y emociones que modifican sus estados y su salud física y mental: los espacios deben tener en cuenta todas estas variables.

3.1 Aspectos teóricos: la cultura de la inclusión

Cuando la exclusión domina las calles y el interior de los edificios, hay una pátina que va cubriéndolo todo de una insensibilidad gris, no se aprecia la variedad del ser humano ni la imaginación para hacer de la ciudad un espacio saludable y de animada y buena convivencia. La inclusión no es una entelequia, es el resultado de la forma de mirar a las neurodiversidad en todos los ámbitos de la vida social, comunitaria y familiar, aunque esta última con sus componentes de afectividad sostiene y promueve su participación incluso en las situaciones más complejas.

Requiere imaginación para enfocar los problemas que, una vez resueltos modifican en clave positiva la vida comunitaria y social e influyen sobre la creación de nuevos conocimientos y tecnologías que actúan mejorando las intervenciones que se llevan a cabo en las áreas residenciales y productivas, especialmente las urbanas. En este sentido las infraestructuras,

facilitando el desenvolvimiento de todas las personas, aportarían efectos en cascada sobre los aspectos culturales y económicos de la sociedad que son más lentos de modificar. Porque las presencias tendrán amplia variedad de tipos y formas de comportamientos y de personas

También requiere decisión y valentía: esto implica proyectos y presupuestos para la adecuación de infraestructuras y edificios.

Los profesionales de la accesibilidad universal necesitan seguir profundizando en temas relacionados con las discapacidades físicas, sensoriales, cognitivas y mentales que aún están sin ser definidas en sus aspectos espaciales que como consecuencia tampoco están resueltos.

3.2. Aspectos en el urbanismo y en las ciudades

La cultura de la inclusión en las ciudades requiere que se amplíen importantes aspectos teóricos y prácticos para tener en cuenta en la ejecución de proyectos y acciones.

Se debe tener un profundo conocimiento del diseño de las estructuras e infraestructuras urbanas que representan los ámbitos de vida de la sociedad, la comunidad y las personas. Y los avances en materia de tecnología que pueden aportar mejoras sustanciales para la inclusión.

Metodología y resultados que se describen a continuación, cuya validación se asienta sobre las mejoras obtenidas por las poblaciones con las que se ha trabajado y en las intervenciones llevadas a cabo, investigaciones y publicaciones durante estos últimos veinte años: el respeto por la *autonomía personal es uno de los resultados más destacados de esta metodología* que conlleva el valor de la dignidad de todas las personas. Siendo este concepto resultado de ese *valor implícito en la diversidad del ser humano* del que se habló ya en los comienzos del texto.

3.3. Ciudad, urbanismo y salud

La ciudad y el urbanismo que se lleva a cabo contiene aun, incluso en las sociedades más innovadoras y conscientes, ausencia de soluciones que mejoren, facilitando, el desenvolvimiento espacial de todas las personas con neurodiversidad. En cambio se tienen en cuenta - y cada vez con mayor difusión- soluciones dirigidas a disminuir los efectos de la concentración de componentes nocivos para la vida que tienen también efectos sobre la salud como el cambio de transporte no contaminantes, aumento de vías tranquilas para peatones y bicicletas y áreas verdes frente a otras cubiertas de asfalto u hormigón. Promoviendo sobre todo, la disminución del uso de vehículos particulares y aumentando el uso de transporte público.

El diseño urbano influye para mejorar el aire que se respira, el control de las temperaturas adecuadas a la salud -representado en los refugios climáticos con adecuaciones verdes

donde la temperaturas se modifican. Y el uso de la luz natural y artificial a lo largo de las horas del día que ayuda a reconocer diferentes momentos y actividades diarias⁶.

Pero incluso en los textos anteriores no se tienen en cuenta cuestiones esenciales que la neurociencia vinculada a la arquitectura ofrece, como son *los paisajes urbanos adaptados a particulares condiciones de las personas*: estos -paisajes- se destacan y diferencian de los diseños tradicionales unificados por la costumbre, ejemplos que se ofrecen a miles en los libros de diseño de entornos convenciendo a los diseñadores de que no existen otras alternativas.

La creación de *paisajes urbanos* requiere que dos estadios o fases del proceso metodológico se pongan al servicio de las soluciones:

- **El primero** corresponde a la definición de los componentes para la accesibilidad cognitiva y la integración sensorial que establece pautas de diseño adaptados perfectamente a las tareas de *posicionamiento: monitoreo, orientación y direccionamiento de las personas*. (Brusilovsky B 2020. Seguridad espacial cognitiva, arquitectura, cerebro y mente). Tareas que lleva a cabo el SNH, específicamente sistema central cuando se coloca frente a una situación (problemática o no) para la deambulación espacial activando el sistema periférico para ejecutar acciones: funciones ejecutivas y motricidad. Son fundamentales los ritmos circadianos que a lo largo de las 24 horas regulan funciones del SNH.

- **El segundo** se formula incluyendo a todas las actividades que el diseño urbano debería facilitar: *los servicios que un ecosistema debe ofrecer porque influyen directamente sobre la calidad de vida personal y social*⁷. Y otros que son más específicos y que corresponden al desenvolvimiento de grupos específicos como infancia, mayores y la personas con neurodiversidad. Tareas que son posibles porque el ser humano puede ser estudiado a partir de *cómo se activan y funcionan los sistemas sensoriales fundamentalmente visual y auditivo, percepción, cognición, memorias, atención y las áreas premotoras y motoras*. Conocer ese funcionamiento permite *organizar, sistematizando, un conjunto (listado) de perfiles funcionales del SNH* cuyo estudio orienta al diseñador para imaginar y crear: especificaciones concretas (paisajes espaciales) para que las personas puedan entrar, salir, llegar a sus destino y moverse dentro y fuera de ellos.

La metodología: procesos y componentes que se describen está ampliamente desarrollada en publicaciones y proyectos de la autora que figura más adelante en la bibliografía.

4. El sistema espacial de coordenadas

4.1. Metodología para la accesibilidad cognitiva y la integración sensorial

4.1.1. Principios universales y del diseño

Son importantes porque sustentan una metodología basada sobre cimientos sólidos y no solo ideas o palabras sueltas sin conexión con una realidad que es social y por lo tanto, espacial sin duda alguna.

PRINCIPIOS O POSTULADOS

1. UNIVERSALES (si o si deben cumplirse)

- **1. Neutralizar el efecto laberinto** o confusión interna del diseño, principal barrera para la orientación en el espacio: **romper el efecto laberinto.**
- **2. Acoplar perfectamente los encuentros** en la uniones espaciales y encrucijadas para evitar confusión y desorientación: **romper las encrucijadas.**
- **3. Eliminar obstáculos de diseño** que impidan centrar la atención (trabajo de las funciones ejecutivas: memoria, alerta, vigilancia).
- **4. Coherencia:** crear referencias con señales, diseños gráficos y símbolos numéricos. Adaptadas a cada tipo de usuario y lugar.
- **5. Secuencia sin fracturas** de los componentes del diseño **romper las encrucijadas: no colapsar las funciones ejecutivas, sistemas atencionales y emocionales.**
- **5.1 ESTRUCTURAL Y SENSORIAL: Organización en secuencias funcionales y sensoriales**
- **5.2. Anticipación predictiva.**

¿QUÉ ES ACCESIBILIDAD COGNITIVA?

UNIVI

- No salir del eje del espacio
- Asegurar un camino claro que sea
- Eliminar la atención vigilante
- Crear y simbolizar

Figura 1. Principios universales (cimentan el diseño)

PRINCIPIOS DEL DISEÑO

- Estrictamente para el **diseño espacial**
 - Organizan, relacionan, son volumétricos, formales, cromáticos y desbloquean dificultades de la percepción.
- Crear un **efecto umbral** en espacios longitudinales **con marcadores y distancias**, para evitar alteraciones visuales, emocionales y **mantener la información en la memoria.**
Marcadores que pueden ser de índole visual, táctil, acústica: formal, cromática, sonora.
- Efecto agrupación-segregación:** Introducir este importante fenómeno de la percepción visual, como organizador visual. Y otros fenómenos de la percepción
- Crear referencias** con la **semántica de las formas** (El diseño sea resultado de forma-función-imaginación-creatividad, incorporará la oportunidad de que la semántica de las formas ofrezca claridad).

Figura 2. Principios del diseño (requiere componentes que actuarán como indicadores)

4.1.2. Diseño

4.1.2.1. Componentes del diseño



Figura 3. Componentes que actuarán como indicadores)

4.1.2.2. Los componentes funcionando como coordenadas espaciales

Posicionamiento: monitoreo, orientación y direccionamiento de las personas requiere un conjunto de señalamientos para el diseño que aseguren la realización de esas tareas en el espacio urbano. Cada componente espacial, edificios, nombres y numeraciones, señales, calle peatonal, cruce de peatonas, encuentros de tipos de calles, debe encontrar su solución en base a criterios de accesibilidad cognitiva teniendo en cuenta componentes formales y de organización⁸ cuya síntesis incluye el siguiente vocabulario:

Organización formal

- Las actividades perfectamente organizadas para una apropiación directa sin trazados laberínticos (o resueltos si lo son) que dificulten la apropiación en los tramos horizontales.

Organización sensorial

- Es aquella que crea *espacios de transición para el descanso* y se puedan retomar caminos sin llegar al cansancio físico e intelectual.

Nodos y centros focales

- Identificación de puntos para el *direccionamiento* y la *orientación* rompiendo el concepto de encrucijada o el lugar donde no se sabe hacia donde ir (laberintos urbanos)

Circuitos o recorridos

- Que tendrán en cuenta la duración de la memorias de trabajo u operativa (corto plazo) informando en secuencia las rutas que impedirán que se creen situaciones laberínticas de desorientación.

Sinapsis espaciales

- Representan las uniones perfectamente resueltas para que no se produzcan fracturas espaciales.

Esta metodología permite que el espacio comunique su vocabulario espacial con las personas con un vocabulario de componentes que de manera intuitiva le dan apoyo y facilitan su vida cotidiana. Por otro lado, es una lectura que se convierte en un conjunto de *coordenadas espaciales para el monitoreo, la orientación y el direccionamiento*. Esto requiere que el diseño tenga resueltos los aspectos formales, de color y materiales para que sea posible esa lectura. Y de manera secuencial lo conduzcan de un espacio a otro sin que haya posibilidades de confusión o malentendidos. La presencia de encrucijadas o fracturas espaciales no es admisible y remite a la necesidad de complementar la lectura espacial mediante indicadores precisos para que impidan que surja el desconcierto y las emociones negativas. Solo así se podrá mantener la autonomía para iniciar, continuar el camino y arribar a los destinos.

Se puede observar que son soluciones en base a discretas inversiones que llegarían a 0 en caso de ser consideradas desde el proyecto original (no como adaptaciones posteriores). Se ajustan a las características urbanas o de los edificios que mejoran y completan.

Ejemplos siguientes: organización: centros o nexos y pasillos como espacios de convivencia y elementos para orientar y direccionar.



F4



F5



F6



F7

Figuras: 4. C.E.P.A Pozuelo de Alarcón. Madrid. 5. Centro y Residencia mayores (Valladolid) 6. Espacios de transición, estudios y propuestas 7. Centro de día Gertrudis de la Fuente. Ayuntamiento de Madrid (personas con autonomía y con demencias).



F8



F9

Figuras 8 y 9. Detalles de urbanización dando soporte y seguridad a los Centros para mayores. Ayuntamiento Madrid

4.1.2.3. Indicadores de accesibilidad cognitiva

Representan los conceptos anteriores en un listado que sirve para diseñar y sobre todo evaluar los espacios. Recogidos en una fórmula que entre 0 y 1 permite evaluar si se cumplen los criterios anteriores para la accesibilidad cognitiva (Brusilovsky B.(2018) índice de accesibilidad cognitiva. En su parte superior se colocan los siguientes aspectos a describir mediante símbolos numéricos. (Ver figura 10 y 11).

5. Conclusiones

Esta investigación-acción no se detiene aquí. Continúa con la transformación espacial cuando la imaginación de las/los profesionales del diseño llegan a materializar soluciones adaptadas, creativas e imaginativas. Con esta amplia base se confirman las hipótesis de trabajo: el diseño merece un momento de reflexión y de relectura. Pero sobre todo, de ese cambio de enfoque desde las administraciones. Deberían ser valientes y mirar hacia todos lados no solo hacia un punto de atracción dominante: porque más allá hay otras soluciones, tal vez diferentes para que las ciudades sean verdaderas islas de intercambio de sensaciones, percepciones y emociones positivas: fuentes de inclusión y de calidad de vida que incluyen sin separar, a sus habitantes desde la infancia hasta el final de la vida.

(a)							
	Indicadores (i)	Máximo	Bueno	Regular	No cumple	Incumple	Peso (P)
SEC		SEC1	SEC2	SEC3	SEC4	SEC 5	
		1	0,75	0,50	0,25	0	
ENTORNO / EDIFICIO							
1	El edificio se reconoce: semántica clara o referencias	150 metros	100 metros	50 metros	25 metros	Menor de 25 y no se reconoce	1
2	Si hay valla: el acceso se reconoce	100 metros	75 metros	50 metros	25 metros	Menor de 25 y no se reconoce	1
3	Si hay espacio exterior o patio, la puerta se destaca	Se identifica a 10 metros	Se identifica frente al número de calle	Se identifica, pero no hay número de la calle	Hay obstáculos, pero se reconoce	No se identifica	1
4	Si no hay espacio exterior, la puerta se destaca	Se identifica a 10 metros	Se identifica frente al número de la calle	Se identifica, pero no hay número de calle	Hay obstáculos, pero se reconoce	No se identifica	1
CONTENIDOS							
5	Facilitan la atención: distribución de objetos, mobiliario y llamadas de atención	Claridad en todos los sectores funcionales y en sus relaciones	Claridad parcial (75%), exceso de llamadas y objetos	Claridad parcial (50%), exceso de llamadas y objetos	Confusión, excesos en todos los sectores, admite corrección	Confusión excesos en todos los sectores, no admite corrección	1.40
USOS (FUNCIONAMIENTO)							
6	Organización funcional (usos o funciones) Se reconoce la organización No se reconoce	Se identifica la organización funcional en formas y relaciones sin necesidad de	Se identifica la organización funcional en formas y relaciones, pero necesita	Se identifica porque hay información en nodo de acceso	Dificultades para la identificación, aún con referencias en nodo de	Laberíntico con o sin información	1

Figura 10. Ejemplo parcial de tabla de Indicadores

Una vez obtenidos los valores correspondientes a cada indicador (i) con sus ponderaciones o pesos (P) correspondientes se procede a sacar el valor final con la fórmula siguiente:

$$ÍAC = \frac{\sum_{i=1}^n p_i a_i}{\sum_{i=1}^n p_i}$$

Donde:

- a_i es la puntuación asociada al indicador de accesibilidad cognitiva "i".
- P_i es el peso asociado al indicador ai.
- n: número de indicadores que hayan intervenido.

Figura 11. Síntesis. Fórmula del Índice de accesibilidad cognitiva

Buceando en la diversidad humana (SNH) se han encontrado en estas fuentes de inspiración la imaginación necesaria para matizar y desarrollar proyectos: centros de mayores, residencias, universidades, escuelas de diversos niveles y espacios urbanos como mejores contenedores. Frente a un urbanismo de medios de comunicación e infraestructuras: este debería ser un urbanismo de la calle y de los espacios verdes que inviten a su recorrido porque se conocen y son identificables también sus actividades, que accediendo a los edificios se completan en sus recorridos interiores: y en sentido inverso estos se proyectan hacia el exterior, buscando consolidación y ser compartidos por todos los residentes y habitantes de barrios. Y finalmente, hacia toda la ciudad interconectada, como conjunto social permanentemente vivo y en transformación.

Notas

1. Sistema nervioso humano, a partir de ahora SNH.
2. Reflejo de los acuerdos llevados a cabo en diferentes niveles organizacionales con la AAIDD: Asociación americana de la discapacidad intelectual y del desarrollo. Acuerdos de los investigadores Robert Schalock en USA y Miguel Ángel Verdugo en la Universidad de Salamanca, España).
3. Centro español de documentación e investigación sobre discapacidad (CEDID) Rescatado de <https://www.cedid.es/es/documentacion/bibliografias/#>. Y Accesibilidas (España) plataforma y repositorio sobre accesibilidad universal. Rescatado de <https://accessibilidas.es/>. Y otras españolas o extranjeras de amplio espectro.
4. El término fue acuñado por la filósofa Miranda Fricker en 2007: Injusticia epistémica. El poder y la ética del conocimiento. Herder Editorial.
5. Arquitectura-diseño. Descargado de https://www.arquitecturaydiseno.es/arquitectura/slavoj-zizek-filosofo-arquitectos-no-tienen-nada-que-aprender-filosofos-sus-edificios-hablan-lenguaje-que-traspasa-visible_12516
6. LAMP. Light solutions for cognitive accessibility and sensory integration. Artificial lighting: designing accessible spaces. Discharged https://www.lamp.es/english_728341.pdf
7. Alimentos, medicamentos, regulación climática, etc. Documentos de la Vicepresidencia Tercera del Gobierno, Ministerio de Transición Ecológica.
8. Se desarrollan ampliamente con la “Metodología para el diseño de la accesibilidad cognitiva” (Brusilovsky B 2018. Índice de accesibilidad cognitiva. Incipite editorial).

Referencias

- Accesibilidas. (s. f.). *Plataforma-repositorio sobre accesibilidad universal*. <https://accessibilidas.es/>
- Brusilovsky, B. (2018). *Índice de accesibilidad cognitiva: Consideraciones para el diseño*. Incipit Editorial.

- Brusilovsky, B. (2018). *Seguridad espacial cognitiva: Arquitectura, cerebro y mente* [E-book]. Incipit Editorial.
- Brusilovsky, B. (2020). *Accesibilidad cognitiva, arquitectura y espectro del autismo* [E-book]. Incipit Editorial.
- Brusilovsky, B. (2020). *Espacios vivenciales y terapéuticos para adultos mayores* [E-book]. Incipit Editorial.
- Brusilovsky, B. (2024). *Arquitectura del juego, estímulo sensorial y cognitivo desde la infancia hasta la adolescencia*.
- Brusilovsky, B. (2025). *Vivienda, neurociencia y diversidad: Respirar salud* [E-book]. Incipit Editorial.
- Butrón, J. (2025). *Slavoj Žižek: "Los arquitectos no tienen nada que aprender de los filósofos..."*. Arquitectura y Diseño. https://www.arquitecturaydiseno.es/arquitectura/slavoj-zizek-filosofo-arquitectos-no-tienen-nada-que-aprender-filosofos-sus-edificios-hablan-lenguaje-que-traspasa-visible_12516
- Centro Español de Documentación e Investigación sobre Discapacidad (CEDID). (s. f.). *Bibliografías*. <https://www.cedid.es/es/documentacion/bibliografias/>
- Dewey, J. (1927). *The public and its problems*. Ediciones Morata.
- Doyal, L., & Gough, I. (1994). *Teoría de las necesidades humanas*. Icaria.
- Fricke, M. (2007). *Injusticia epistémica: El poder y la ética del conocimiento*. Herder.
- González, O. J. C. (2024). *Tesis doctoral de Arquitectura*. ETSAM.
- Gough, I. (2007). *El enfoque de las capacidades de M. Nussbaum: Un análisis comparado con nuestra teoría de las necesidades humanas*. <https://www.fuhem.es/media/ecosocial/file/Cohesi%C3%B3n%20Social/Necesidades,%20consumo%20y%20bienestar/GOUGH,%20IAN%20el%20enfoque%20de%20las%20capacidades.pdf>
- LAMP. (s. f.). *Artificial lighting: Designing accessible spaces. Light solutions for cognitive accessibility and sensory integration*. https://www.lamp.es/english_728341.pdf
- Peña-Casanova, J., et al. (2007). *Neurología de la conducta y neuropsicología*. Editorial Médica Panamericana.
- Ruiz, J. L. (2019). Edgar Morin: Pensamiento complejo en acción, algunos ejemplos. *Gazeta de Antropología*. <https://doi.org/> (si corresponde)
- Saavedra, A. (2001). *Discapacidad: Exclusión / inclusión*. Universidad de Chile. <http://www.independentliving.org/docs7/saavedra200109.html>

Abstract: This work presents innovations that reflect the author's confidence in the potential of environments and architecture to generate social change. From a design perspective, it argues that such innovations should be integrated into an open and inclusive society, where human diversity becomes a key factor in urban planning and spatial imagination. These improvements in design and spatial organization benefit all individuals. It also addresses the natural and cultural transformations that can emerge in interactive societies that foster curiosity and orient their policies toward participation and respect for the dignity of all members.

The content is based on research in universal accessibility, neuroscience, theoretical studies, participatory experiences, projects, and discursive analysis, incorporating contributions from philosophy, sociology, and neuroscience, alongside urbanism and architecture as frameworks for change and innovation. The text connects concepts of different origins that converge in exclusion when they are not respected: the provision of services that should reach all citizens without distinction, according to their identities and needs, and the notion of systemic justice–injustice, which may contribute to the exclusion of certain groups from these fundamental rights.

Keywords: inclusion - justice - cognitive accessibility - architecture - spatial coordinates

Resumo: Este trabalho apresenta inovações que refletem a confiança da autora nas potencialidades dos ambientes e da arquitetura para gerar mudanças sociais. A partir de uma perspectiva de projeto, defende-se que tais inovações devem ser incorporadas em uma sociedade aberta e inclusiva, na qual a diversidade humana constitui um fator central para o planejamento urbano e a imaginação espacial. Essas melhorias no desenho e na organização espacial beneficiam todas as pessoas. Também se abordam as transformações naturais e culturais que podem emergir em sociedades interativas, curiosas e orientadas por políticas centradas na participação e no respeito à dignidade de todos os seus membros. Os conteúdos baseiam-se em pesquisas em acessibilidade universal, neurociência, estudos teóricos, experiências participativas, projetos e análise discursiva, articulando contribuições da filosofia, da sociologia e da neurociência, bem como do urbanismo e da arquitetura como suportes de mudanças e inovações. O texto relaciona conceitos de origens distintas que convergem na exclusão quando não são respeitados: o conjunto de serviços que deve alcançar todos os cidadãos sem distinção, considerando suas identidades e necessidades, e o conceito de justiça–injustiça sistêmica, que pode contribuir para a exclusão de determinados grupos desses direitos fundamentais.

Palavras-chave: inclusão - justiça - acessibilidade cognitiva - arquitetura - coordenadas espaciais

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

Berta Brusilovsky Filer. Arquitecta, Máster en Accesibilidad Universal y Diseño para Todos, y presidenta de la Asociación para la Comprensión Fácil de Entornos y Edificios. Desde 1996 investiga la accesibilidad cognitiva, desarrollando en 2011 el “Modelo para diseñar espacios accesibles, espectro cognitivo” y su metodología participativa. Su trabajo integra arquitectura y neurología de la conducta espacial, aplicando principios de seguridad espacial cognitiva en entornos de cuidado y educativos. Es autora de una pentalogía sobre neurociencia y arquitectura —finalista en la XII Bienal Iberoamericana de Arquitectura y Urbanismo (2022)— y de más de 15 publicaciones. Ha sido reconocida internacionalmente por la UIA, Design for All Foundation, IAUD Japón y RMID.

Materialidad neuroinclusiva: criterios para la selección de materiales de interior en espacios habitados por personas autistas

Verónica Martín Pons⁽¹⁾

Resumen: El procesamiento sensorial atípico, reconocido como criterio diagnóstico central en el autismo tanto por el DSM-5 como por el CIE-11, permanece sistemáticamente ignorado en los códigos normativos de edificación y en la práctica convencional del diseño de interiores. Este paper propone que la selección de materiales de revestimiento interior constituye una decisión de accesibilidad sensorial con consecuencias neurológicas directas para personas autistas, y que abordarla exige un marco de criterios específico que la literatura del campo no ha formalizado todavía. A partir de una revisión bibliográfica crítica que integra la teoría del procesamiento sensorial de Dunn (2014), el índice ASPECTSS de Mostafa (2008), el marco Autistic SPACE de Doherty et al. (2023) y la teoría de accesibilidad cognitiva de Brusilovsky (2019), y en diálogo con el conocimiento situado derivado de la práctica profesional de la autora en diseño neuroinclusivo de interiores (Martín (2022)), el paper desarrolla un análisis de los materiales naturales y sintéticos más habituales a través de cuatro canales sensoriales —táctil, acústico, olfativo y visual— y propone una Paleta de Materialidad Neuroinclusiva (PMN) articulada en seis principios y operacionalizada en una matriz de selección por canal y perfil sensorial. Los resultados indican que los materiales de origen mineral y natural presentan, en la mayoría de perfiles, propiedades sensoriales intrínsecamente más adecuadas que los materiales sintéticos, aunque la distinción relevante no es de origen sino de impacto neurológico individual. Las conclusiones apuntan a la materialidad como dimensión no contemplada de la accesibilidad, y abren líneas de investigación en torno al desarrollo de protocolos de evaluación sensorial aplicados al proyecto de interiores y a la incorporación del co-diseño con personas autistas como metodología proyectual.

Palabras clave: neuroarquitectura - autismo - materialidad - diseño sensorial - hipersensibilidad - hiposensibilidad - perfil sensorial - biofilia - accesibilidad cognitiva - interiores neuroinclusivos

[Resúmenes en inglés y portugués en la página 113]

(1) Ver CV en pág. 113

1. Introducción

El suelo es de gres rectificado en formato 120×60, pulido, de junta mínima. Las paredes pintadas con pintura plástica blanco puro, del mismo tono que los muebles de melamina brillante que reflejan la luz de los cuatro downlights de 6.500 K embutidos en el falso techo de aluminio lacado. La puerta conserva el olor característico del sellante industrial con el que fue instalada hace tres meses. El espacio cumple todos los parámetros exigibles: anchuras de paso correctas, rampa de acceso, enchufes a la altura reglamentaria. Desde el punto de vista normativo, es un espacio completamente accesible. Para una persona autista, puede ser completamente inhabitable. El suelo amplifica cada paso hasta el umbral del dolor auditivo. La luz especular rebota en las superficies hasta la saturación visual. El olor del sellante impregna el aire con una permanencia que ningún usuario neurotípico registraría como problema. Nada de esto figura en ningún protocolo de accesibilidad vigente. Nada de esto es visible para quien no lo experimenta desde dentro.

Esta distancia entre accesibilidad normativa y habitabilidad sensorial no es una abstracción teórica. Kinnaer, Baumers y Heylighen (2015), en su análisis de autobiografías de personas autistas, documentaron que estas no describen los espacios como objetos arquitectónicos, sino como experiencias corporales totales: no hablan de *“una habitación grande”* sino de *“un lugar donde me perdía y me sentía observado”*. El entorno físico es inseparable de la emoción, el cuerpo y la conducta. En este sentido, con frecuencia se dice que las personas autistas viven en su propio mundo. No es cierto. Vivimos en el mismo mundo que el resto de las personas que habitan este planeta; con la diferencia de que ese mundo no fue pensado para nosotras, no se nos tuvo en consideración. Y cuando un entorno duele, el cerebro se modifica literalmente para adaptarse de la mejor manera posible, a veces con consecuencias en la salud física, mental y emocional. Dejemos de hablar de mundos separados y empecemos a hablar de equidad, de oportunidades reales, de una invitación tácita y genuina a la convivencia.

El autismo es una condición del neurodesarrollo presente en aproximadamente el 1% de la población mundial, aunque las estimaciones varían considerablemente según los criterios diagnósticos empleados y la capacidad de identificación de cada sistema de salud. La revisión sistemática global de Zeidan et al. (2022) situó la prevalencia media mundial en 65 por cada 10.000 personas. En Europa, Salari et al. (2022) estimaron una media de 7,6 por cada 1.000 habitantes, con variaciones relevantes entre países: en España, los estudios de Canals et al. (2020) y Canal-Bedia et al. (2022) señalan entre 7,2 y 9,0 personas autistas por cada 1.000; en el Reino Unido, Russell et al. (2022) sitúan la cifra entre 7,0 y 10,0 por 1.000. En Estados Unidos, los datos más recientes del CDC (2023) identifican 1 de cada 36 niños con diagnóstico dentro del espectro autista, reflejo tanto de un posible aumento real como, en gran medida, de la mejora progresiva de los sistemas de detección y diagnóstico. Con independencia de las diferencias metodológicas entre países, lo que los datos señalan con claridad es que las personas autistas no son una minoría excepcional: son vecinas, estudiantes, habitantes de los mismos espacios que el resto, usuarias cotidianas de viviendas, aulas, oficinas y espacios públicos diseñados, en su inmensa mayoría, sin considerar su forma de procesar el entorno.

La arquitectura y el diseño de interiores cuentan con un extenso corpus normativo dedicado a la accesibilidad: el Código Técnico de la Edificación en España, el Building Bulletin 77 y 94 del Departamento de Educación del Reino Unido, el Americans with Disabilities Act en Estados Unidos, entre muchos otros. Sin embargo, como señaló Mostafa (2008) en el estudio fundacional de la neuroarquitectura aplicada al autismo, ninguno de estos documentos contempla requisitos específicos para personas autistas. El representante del International Code Council consultado fue taxativo: “*I know of no building or accessibility code that incorporates requirements specifically to address children with autism*” (Mostafa, 2008, p. 190). Casi dos décadas después, la situación ha mejorado marginalmente en algunos países, pero el vacío estructural persiste: la accesibilidad sensorial y cognitiva que necesitan las personas autistas no figura en ninguna normativa de obligado cumplimiento de aplicación general. Existe investigación acumulada, existen guías de buenas prácticas; lo que no existe es obligación legal. Y esa brecha tiene consecuencias reales en la vida de millones de personas.

Este paper se inscribe en el modelo social de la discapacidad y en el paradigma de la neurodiversidad, que entiende el autismo no como una patología individual a corregir, sino como una forma legítima y diversa de procesar el mundo (Doherty, McCowan y Shaw, 2023). Desde esta perspectiva —que es también la perspectiva de la autora de este trabajo, Verónica Martín Pons, diseñadora de interiores y persona autista—, la discapacidad no reside en la persona sino en el entorno que la incapacita. Una persona autista no tiene ninguna dificultad para habitar un espacio sensorialmente coherente, predecible y honesto en sus materiales; es el espacio hostil, construido desde supuestos neurotípicos, el que genera la barrera. Una persona usuaria de silla de ruedas puede acceder a todos los rincones de un edificio construido con accesibilidad física universal; una persona autista puede habitar un espacio de manera tranquila, segura y saludable si ese espacio fue concebido también para ella. La pregunta es pertinente: ¿es la persona la discapacitada, o es el espacio el discapacitante? El DSM-5 y la CIE-11 incluyen las diferencias en el procesamiento sensorial como criterio diagnóstico central de la condición autista —no periférico, no secundario—, reconociendo que la experiencia sensorial del espacio es para muchas personas autistas tan determinante como cualquier otro aspecto de su vida cotidiana. Diseñar ignorando ese hecho no es solo una omisión técnica: es una forma de exclusión estructural. En este contexto, el presente trabajo aborda una dimensión específica y hasta ahora insuficientemente desarrollada en la literatura de neuroarquitectura: la elección de materiales que conforman el interior de un edificio. No se trata de un paper sobre qué construir —tipología, programa, organización espacial—, sino sobre **con qué** construirlo. La hipótesis central es que los materiales de interior —sus propiedades táctiles, acústicas, olfativas y visuales— constituyen el umbral primario de la experiencia sensorial en el espacio para personas autistas, y que su selección debería ser considerada una decisión de accesibilidad antes que una decisión estética. Como propuesta aplicada original, el paper presenta la **Paleta de Materialidad Neuroinclusiva (PMN)**, una herramienta de selección de materiales desarrollada por Verónica Martín Pons a partir de su práctica profesional en diseño de interiores neuroinclusivo y de la revisión bibliográfica que sustenta este trabajo. El alcance del análisis se circunscribe a los espacios interiores residenciales y educativos, por ser las

tipologías donde la persona autista pasa más horas y donde la calidad del entorno tiene mayor incidencia en su bienestar, autonomía y desarrollo.

El artículo se estructura en cuatro bloques. El primero presenta el marco teórico en tres pilares: el autismo como experiencia sensorial del espacio, el índice ASPECTSS de Mostafa como marco de intervención, y la accesibilidad cognitiva según Brusilovsky. El segundo analiza el comportamiento de los materiales naturales frente a los sintéticos en cuatro canales sensoriales: táctil, acústico, olfativo y visual. El tercero presenta la PMN, sintetizada en seis principios y desarrollada en una matriz de materiales por canal y perfil sensorial. El cuarto bloque expone las conclusiones e indica líneas de investigación futura. A lo largo del texto, la revisión bibliográfica se complementa con observaciones procedentes de la práctica profesional en diseño neuroinclusivo, que aportan evidencia aplicada a los argumentos teóricos.

2. Marco teórico

El análisis de la materialidad neuroinclusiva requiere apoyarse en tres pilares teóricos que se articulan de forma progresiva: la comprensión del autismo como experiencia sensorial del espacio, el índice ASPECTSS como marco de intervención arquitectónica, y la accesibilidad cognitiva como dimensión complementaria e inseparable. Este apartado desarrolla el primero de ellos.

2.1 El autismo como experiencia sensorial del espacio

Las revisiones más recientes de los principales sistemas diagnósticos internacionales coinciden en un reconocimiento que tiene consecuencias directas para el diseño: el procesamiento sensorial atípico ya no es una característica periférica del autismo, sino uno de sus criterios diagnósticos centrales. El DSM-5 (APA, 2013) incorporó por primera vez las diferencias en la respuesta a estímulos sensoriales —hiper o hiporreactividad a inputs sensoriales, o interés inusual por aspectos sensoriales del entorno— como criterio diagnóstico de la condición autista. La CIE-11 (OMS, 2022) sigue la misma dirección. Esto supone un cambio epistemológico relevante: sitúa el cuerpo y su relación con el entorno físico en el centro de la comprensión del autismo, no en los márgenes. Dicho de otro modo, la forma en que una persona autista experimenta el espacio que habita no es un síntoma secundario, ni una dificultad asociada, ni un rasgo menor: es parte constitutiva de lo que el autismo es.

El marco más útil y ampliamente utilizado para comprender la variabilidad del procesamiento sensorial en el autismo es el modelo de Winnie Dunn, desarrollado y validado a lo largo de más de tres décadas de investigación y sintetizado en el *Sensory Profile 2* (Dunn, 2014). El modelo parte de dos variables neurológicas independientes que se cruzan para generar cuatro perfiles de procesamiento distintos: el **umbral neurológico** —la cantidad de

estimulación que el sistema nervioso necesita para registrar y responder a un estímulo— y la **estrategia de autorregulación conductual** —si la persona actúa activamente sobre el entorno para modificar su nivel de estimulación o si adopta una postura más pasiva—. El cruce de estas dos dimensiones genera cuatro perfiles: el *buscador sensorial* (umbral alto, estrategia activa), que necesita más input y lo busca activamente; el *evitador sensorial* (umbral bajo, estrategia activa), que percibe el entorno como excesivo y actúa para reducir la estimulación; la persona *sensible* (umbral bajo, estrategia pasiva), que se satura pero no actúa para modificarlo; y el *registro bajo* (umbral alto, estrategia pasiva), que no registra estímulos que para otros resultan evidentes y tampoco los busca activamente. Estos perfiles no son diagnósticos en sí mismos ni son estables en el tiempo: una misma persona puede presentar perfiles distintos según el canal sensorial —ser hipersensible al sonido e hiposensible al tacto simultáneamente— y el contexto puede modular la respuesta.

La implicación más importante de este modelo para el diseño de interiores es también la más incómoda: **no existe una solución material universal para personas autistas**. Un mismo material puede ser idóneo para un perfil e inadecuado —o incluso intolerable— para otro. Little et al. (2018), en su análisis comparativo de patrones de procesamiento sensorial en personas autistas, personas con TDAH y población con desarrollo típico, documentaron que la variabilidad intragrupo dentro del espectro autista es tan elevada como la variabilidad intergrupo, lo que refuerza la necesidad de partir del perfil sensorial individual como punto de partida del proceso de diseño. Esta variabilidad no invalida la investigación ni la práctica; al contrario: señala con precisión el tipo de herramienta que se necesita. No una receta, sino una matriz de criterios que pueda calibrarse en función del perfil de la persona que va a habitar el espacio. Es exactamente lo que la PMN pretende ofrecer.

Para comprender por qué la elección del material de revestimiento tiene consecuencias neurológicas reales, es necesario detenerse brevemente en lo que ocurre en el cerebro autista cuando recibe un estímulo sensorial que no puede filtrar. En el procesamiento sensorial neurotípico, el **tálamo** actúa como filtro central: recibe la información de los órganos sensoriales y selecciona qué señales merecen ser enviadas a la corteza cerebral para su procesamiento consciente. En personas autistas, la investigación en neuroimagen ha documentado una conectividad funcional atípicamente fuerte entre el tálamo y diversas regiones corticales, lo que compromete este mecanismo de filtrado —a mayor conectividad tálamo-corteza auditiva, mayor sensibilidad al sonido; a mayor conectividad tálamo-corteza somatosensorial, mayor intensidad de la percepción táctil— (Müller et al., 2018; Fishman et al., 2022). El resultado es que estímulos que el sistema neurotípico descarta como irrelevantes alcanzan la corteza con su plena carga de intensidad. Desde ahí, la **amígdala** —estructura del sistema límbico con mayor densidad neuronal en personas autistas (Kiefer et al., 2017)— evalúa esa señal amplificadora como potencial amenaza y activa la respuesta del sistema nervioso autónomo: alerta, tensión muscular, aceleración cardíaca, preparación para la huida o la parálisis. La **corteza prefrontal** intenta entonces modular esa respuesta —razonar, contextualizar, inhibir la alarma—, pero ese proceso de modulación consume recursos cognitivos que ya no están disponibles para el aprendizaje, la relación o el descanso. Mientras tanto, el **cerebelo** —implicado en la integración sensoriomotora y cuyas células de Purkinje presentan alteraciones funcionales documentadas

en autismo (Sánchez-León y Márquez-Ruiz, 2022)— procesa de forma atípica la información propioceptiva y vestibular, contribuyendo a las dificultades de coordinación y a la búsqueda de input sensorial intenso que caracteriza a los perfiles hiposensibles. Todo este proceso —desde el estímulo en la superficie del material hasta la respuesta neurológica del habitante— puede desencadenarse en fracciones de segundo, de forma involuntaria y sin que la persona tenga ningún control consciente sobre él. El espacio no espera. El sistema nervioso tampoco.

La práctica profesional en diseño de interiores neuroinclusivo permite ilustrar con concreción lo que el modelo de Dunn describe en términos teóricos. En proyectos de reforma residencial para personas autistas con hipersensibilidad táctil —perfil evitador o sensible—, los acabados lisos de base mineral como la pintura de cal estucada resultan consistentemente bien tolerados: su textura es predecible, fría y uniforme al tacto, sin aristas ni irregularidades que puedan activar respuestas de alerta. Por el contrario, para personas autistas con hiposensibilidad táctil —perfil buscador—, ese mismo acabado resulta insuficiente: el sistema nervioso no obtiene información sensorial suficiente de la superficie y la persona puede buscar activamente el contacto con texturas más rugosas, más ricas en información táctil. En estos casos, acabados como el mortero granulado, la piedra natural sin pulir o los revestimientos de corcho ofrecen el nivel de estimulación que ese sistema necesita para registrar la superficie y sentirse en contacto real con el espacio. El mismo muro. Dos perfiles. Dos soluciones materiales opuestas. Ambas correctas.

Lo que este marco exige al profesional del diseño de interiores no es únicamente conocimiento técnico sobre los materiales, sino una comprensión previa del sistema nervioso de la persona que va a habitarlos. En la práctica, esto se traduce en incorporar el perfil sensorial —evaluado mediante herramientas como el Sensory Profile 2 de Dunn o la entrevista y los tests especializados que utilizamos en A-Tipic Biointeriors— como un dato de proyecto tan determinante como la superficie útil o la orientación de la vivienda. El espacio no puede diseñarse antes de conocer a quien lo va a habitar. Doherty, McCowan y Shaw (2023), en su propuesta del marco Autistic SPACE, subrayan precisamente esta idea: las diferencias sensoriales autistas son tan heterogéneas y tan específicas de cada persona que cualquier intervención de diseño que no parta del individuo concreto corre el riesgo de reproducir, con buenas intenciones, los mismos errores que los entornos convencionales.

2.2 El índice ASPECTSS como marco de intervención material

En 2008, la arquitecta egipcia Magda Mostafa publicó en *Archnet-IJAR* el estudio que sentaría las bases de la neuroarquitectura aplicada al autismo. Trabajando con estudiantes autistas en el Advance Learning Center de El Cairo, Mostafa partió de una hipótesis simple y potente: si el procesamiento sensorial atípico es central en el autismo, entonces modificar deliberadamente los inputs sensoriales del entorno construido debería traducirse en cambios mensurables en la conducta y la capacidad de atención. Lo que hacía singular su propuesta no era solo la hipótesis —otros la habían formulado antes en términos cualitativos—, sino el rigor con el que decidió ponerla a prueba. El resultado fue la *Sensory*

Design Theory y su herramienta aplicada: el índice ASPECTSS, un acrónimo que recoge los siete criterios de diseño sensorial que Mostafa identificó como determinantes para personas autistas: Acústica, Secuencia espacial, Predecibilidad, Escape, Compartimentación, Estimulación sensorial y Seguridad (*Acoustics, Spatial Sequencing, Predictability, Escape, Compartmentalization, Sensory Zoning and Safety*).

Los datos experimentales que Mostafa obtuvo resultan difíciles de ignorar. Al comparar el rendimiento de los estudiantes autistas en entornos diseñados según los criterios ASPECTSS frente a entornos convencionales, los resultados mostraron diferencias estadísticamente significativas en dos indicadores clave. En primer lugar, la reducción del ruido de fondo de 65,5 a 52,5 decibelios —conseguida mediante la selección de materiales absorbentes en suelos, paredes y techo— multiplicó por más de tres el tiempo de atención sostenida en tarea. En segundo lugar, las conductas de autoestimulación, indicador habitualmente empleado como proxy de desregulación sensorial, se redujeron de forma significativa ($p < 0,05$) en los entornos ASPECTSS respecto a los entornos de control. El estudio también reveló que la acústica era el criterio más valorado por el entorno cercano de los estudiantes: el 64% de los docentes y el 79% de los cuidadores lo identificaron como el factor ambiental con mayor impacto sobre el bienestar y el rendimiento. Esto no era una intuición: era evidencia cuantificable de que los materiales —su capacidad de absorber o amplificar el sonido— modifican directamente la experiencia neurológica del espacio. Para operacionalizar el índice, Mostafa desarrolló la *Sensory Design Matrix* (Apéndice A del estudio de 2008), una herramienta que cruza los atributos arquitectónicos con los perfiles sensoriales y permite tomar decisiones de diseño basadas en evidencia. Las directrices del Apéndice B son particularmente reveladoras para el propósito de este paper, porque establecen por primera vez una correspondencia directa entre tipo de material, propiedad sensorial y perfil del habitante. Texturas lisas y frías favorecen la regulación en personas con hipersensibilidad táctil; texturas rugosas y ricas en información superficial aportan el input que necesita la persona con hiposensibilidad táctil. La iluminación natural indirecta, filtrada por superficies mate, minimiza el deslumbramiento en personas con hipersensibilidad visual. La ventilación cruzada con materiales porosos y transpirables —como la cal o el corcho— reduce la concentración de compuestos orgánicos volátiles que resultan especialmente problemáticos para personas con hipersensibilidad olfativa. En todos los casos, la elección del material no es una variable decorativa: es una variable sensorial con consecuencias neurológicas medibles.

El trabajo de Mostafa ha seguido desarrollándose desde su publicación inicial. En 2014 amplió el análisis al diseño escolar (Mostafa, 2014), y en 2020 lo integró en una revisión más amplia del campo de la arquitectura para el autismo (Mostafa, 2020). En una conversación publicada en *Metropolis Magazine* en 2024, la autora señalaba que el índice ha crecido hasta incorporar dieciocho criterios que cubren también la materialidad, el color, el mobiliario y los sistemas de orientación espacial. Esta evolución es coherente con lo que la práctica profesional en diseño neuroinclusivo de interiores confirma a lo largo de múltiples intervenciones. A este respecto, la autora del presente trabajo ha identificado y ratificado en su práctica dos observaciones que, leídas en paralelo, revelan una paradoja material de enorme valor proyectual: para dos retos espaciales distintos, la solución

es exactamente opuesta. La primera observación tiene que ver con la **diferenciación de paramentos**. Cuando suelo, paredes y techo se resuelven con materiales y cromatismos distintos entre sí, la persona autista con perfil de hiposensibilidad visual obtiene información espacial clara que le permite comprender la geometría de la estancia sin esfuerzo cognitivo adicional. La diferencia material *entre* superficies actúa como señal neurológica: el cerebro recibe información precisa sobre dónde empieza y dónde termina cada plano, y puede orientarse sin ambigüedad. No se trata de decoración: es orientación neurológica construida con material. La segunda observación concierne al **efecto umbral**, y su lógica es exactamente la inversa. Muchas personas autistas experimentan ansiedad intensa o fobia al cruce entre estancias, porque el cambio de entorno implica una ruptura perceptiva súbita que el sistema nervioso no logra anticipar. Aquí, la solución no pasa por diferenciar, sino por *unificar*: resolver los elementos de separación —puertas correderas, biombos, arcos de paso— con materiales y cromatismo similares a los de la pared que los contiene, de modo que la transición se perciba como una continuidad, no como una discontinuidad. El mismo principio —usar el material para regular la información sensorial— genera dos estrategias opuestas según el reto: diferencia donde el cerebro necesita orientarse, continuidad donde el cerebro necesita calmarse.

Lo que el índice ASPECTSS establece, en definitiva, es que el material no es el revestimiento del espacio: es el espacio mismo en su dimensión más inmediata y más visceral. Cuando Mostafa escribió que *“designing for the extreme end of the spectrum benefits the middle”* (Mostafa, 2008), estaba señalando algo que la práctica del diseño universal había intuido desde hace décadas pero que la neuroarquitectura consigue demostrar con datos: lo que funciona para quien más lo necesita funciona, en distintos grados, para todos. Un entorno acústicamente bien resuelto, con materiales que no emiten compuestos tóxicos, que diferencia visualmente sus planos y que facilita las transiciones entre estancias, no es únicamente un entorno habitable para personas autistas. Es, simplemente, un entorno mejor para todos.

2.3 Accesibilidad cognitiva y el material como sistema de apoyos

Un edificio puede eliminar todas las barreras físicas —rampas, ascensores, pasillos anchos, señalética en braille— y seguir siendo inhabitable para una persona autista. Esta es la premisa central sobre la que la arquitecta y urbanista Berta Brusilovsky ha construido dos décadas de investigación y práctica en torno a la accesibilidad cognitiva aplicada al diseño de espacios. Su argumento, desarrollado a lo largo de una serie de publicaciones que incluyen su obra de referencia sobre arquitectura y espectro autista (Brusilovsky, 2019), puede formularse de manera directa: si un espacio no se comprende, no es inclusivo. La comprensibilidad del espacio —la capacidad del entorno construido de ser leído, anticipado y recorrido sin esfuerzo cognitivo excesivo— es para Brusilovsky una condición de accesibilidad tan fundamental como la ausencia de barreras físicas. Y es, al mismo tiempo, la dimensión más frecuentemente ignorada por la normativa vigente y por la práctica profesional convencional.

Lo que el diseño cognitivamente accesible aporta, en términos concretos, es lo que Brusilovsky denomina un sistema de *coordenadas espaciales*: un conjunto de señales construidas —materiales, cromáticas, lumínicas, formales— que permiten al usuario orientarse, anticipar y comprender el espacio sin necesidad de interpretación abstracta ni esfuerzo consciente sostenido. Estas coordenadas, como explica en su libro sobre arquitectura y espectro del autismo, liberan al habitante de la angustia de no reconocer, de no saber dónde está, de no poder encontrar los espacios que en cada momento necesita (Brusilovsky, 2019). Para una persona autista, esa angustia no es metafórica: es una respuesta neurológica real a la incertidumbre espacial, con consecuencias directas sobre la regulación emocional, la conducta y la capacidad de desenvolverse de manera autónoma. Un espacio que no se comprende genera alarma. Un espacio que se comprende genera calma.

Entre los fenómenos que Brusilovsky documenta en su análisis del autismo y el espacio construido se encuentra lo que ella denomina el *efecto puerta*¹, es decir, el bloqueo que muchas personas autistas experimentan ante el umbral de paso entre estancias cuando la discontinuidad perceptiva es demasiado intensa o cuando el espacio al que se accede no puede anticiparse desde el exterior (Brusilovsky, 2019). Este fenómeno —que la práctica profesional de la autora ha identificado de forma independiente como efecto umbral y al que ha dado respuesta material concreta (véase sección 2.2)— ilustra con precisión el argumento central de este apartado: la superficie no solo se siente, se lee. El material es información. Es la señal que el cerebro necesita —o no logra procesar— para decidir si atravesar ese umbral es seguro. Lo que Brusilovsky aporta desde la accesibilidad cognitiva no es una descripción distinta del mismo problema, sino una explicación de por qué ocurre: porque el espacio no ha sido diseñado para ser comprendido, y un cerebro que no comprende no avanza.

El marco Autistic SPACE propuesto por Doherty, McCowan y Shaw (2023) confirma esta dimensión desde otro ángulo. Entre las cinco áreas que el framework identifica como determinantes para el bienestar de personas autistas en entornos construidos, la predictibilidad —*Predictability*— ocupa un lugar central: el espacio debe comunicar de manera inequívoca qué ocurre en él, qué se espera de quien lo habita y cuál es la secuencia de movimientos posibles. Esta predictibilidad no se construye únicamente con señalética o pictogramas —que son apoyos cognitivos explícitos— sino con el propio lenguaje material del espacio: la coherencia entre lo que se ve, lo que se toca y lo que se huele; la lógica entre el acabado de un suelo y la actividad que ese suelo invita a realizar; la relación entre la textura de una pared y la función de la estancia que delimita. Los materiales naturales, como se desarrolla en la sección 3 de este paper, presentan una ventaja específica desde este punto de vista: su coherencia semántica multicanal —lo que se ve coincide con lo que se toca, con cómo suena y con lo que eventualmente huele— los convierte en sistemas de información espacial más legibles y predecibles que los materiales sintéticos que imitan otras superficies sin compartir sus propiedades sensoriales.

Los tres pilares del marco teórico que sostiene este paper —el procesamiento sensorial atípico y el modelo de Dunn, el índice ASPECTSS de Mostafa, y la accesibilidad cognitiva de Brusilovsky— convergen en una misma conclusión proyectual: el material de interior

no puede seleccionarse sin considerar quién va a habitarlo y cómo ese habitante procesa el espacio. Cada uno de los tres marcos aporta una dimensión distinta pero inseparable: Dunn nos dice *qué* procesa el sistema nervioso y con qué umbral; Mostafa nos dice *cuánto* importa cada canal sensorial y qué consecuencias medibles tiene modificarlo; Brusilovsky nos dice *qué significa* para el cerebro autista no comprender el espacio en el que se encuentra. Juntos, estos tres marcos constituyen la base científica desde la que la PMN —propuesta original de este paper— ha sido construida.

3. Materiales naturales y sintéticos: una lectura sensorial por canales

Si el marco teórico establecido en la sección anterior responde a la pregunta de por qué el material importa en entornos habitados por personas autistas, la sección que sigue responde a la pregunta de qué materiales, y en función de qué criterios. El análisis se organiza en cuatro canales sensoriales —táctil, acústico, olfativo y visual— porque es precisamente por canales como se recibe y procesa la información del entorno construido. Esta organización no implica que los canales funcionen de forma aislada: la experiencia sensorial es siempre multicanal y simultánea. Pero separar el análisis por canal permite identificar las propiedades específicas de cada material con precisión suficiente para fundamentar criterios de elección proyectual. En cada canal se establece una comparativa entre materiales de origen natural y materiales sintéticos, no como juicio estético ni ideológico, sino como lectura de sus propiedades sensoriales objetivas y su impacto diferencial sobre el sistema nervioso autista.

La ventaja biofílica: por qué el cerebro autista responde de forma diferencial a los materiales naturales

Antes de analizar canal por canal las propiedades sensoriales de los materiales de interior, es necesario establecer el mecanismo de fondo que explica por qué los materiales de origen natural aparecerán sistemáticamente como más adecuados en todos ellos. Este mecanismo tiene nombre: **biofilia**. La hipótesis formulada por Wilson y Kellert (1993) —que los seres humanos poseen una afinidad innata hacia los sistemas vivos y los entornos naturales, resultado de millones de años de evolución en contacto con ellos— ha encontrado desde entonces una base neurocientífica sólida. Los entornos con elementos naturales —madera, piedra, fibras vegetales, agua, luz solar— activan en el cerebro la producción de serotonina y reducen los niveles de cortisol, la hormona del estrés; inducen sincronización en ondas cerebrales alfa y theta, asociadas con estados de relajación y atención sostenida (Lee et al., 2021); y activan el mecanismo que Kaplan y Kaplan (1989) denominaron *soft fascination* o fascinación suave: la capacidad de los entornos naturales de captar la atención sin esfuerzo cognitivo, permitiendo que el sistema nervioso se recupere de la fatiga atencional sin necesidad de activar los recursos de la atención dirigida. Para el cerebro neurotípico, este mecanismo restaurador es beneficioso. Para el cerebro autista, es cualitativamente distinto en su importancia: una amígdala con mayor densidad neuronal, un

tálamo que no filtra bien los estímulos y una corteza prefrontal consumiendo recursos en modulación constante representan una persona que llega al entorno construido ya en un estado de mayor carga basal. En ese contexto, la señal biofílica —que el cerebro humano lleva millones de años interpretando como *ausencia de amenaza*— no es un lujo regulador sino una necesidad fisiológica. La madera que no emite COVs agresivos, que amortigua el sonido, que es táctilmente predecible y visualmente coherente con lo que el cerebro reconoce como *natural*, no es más adecuada que el PVC simplemente por ser natural. Es más adecuada porque activa un sistema de desactivación de alerta que el cerebro autista necesita con mayor urgencia que el neurotípico. Esta es la ventaja biofílica de los materiales naturales: no es ideológica, no es estética, no es una tendencia de mercado. Es neurológica.

3.1 Canal táctil: la piel como primer umbral sensorial

El sistema táctil es, desde el desarrollo embrionario, el primero en madurar. La piel es el órgano más extenso del cuerpo humano y el que establece el contacto más inmediato e inevitable con el entorno construido: cada superficie que pisamos, rozamos o apoyamos genera información táctil que se procesa de forma continua, mayoritariamente por debajo del umbral de la conciencia. En personas autistas, sin embargo, este procesamiento puede estar significativamente alterado en cualquiera de sus dos direcciones. Dunn (2014) describe con precisión la variabilidad del umbral táctil: una persona con hipersensibilidad táctil procesa cada contacto con una intensidad amplificadas —el roce de una textura rugosa puede resultar físicamente doloroso, y la simple anticipación del contacto con determinadas superficies puede generar ansiedad anticipatoria—; una persona con hiposensibilidad táctil, en cambio, necesita información táctil rica y variada para registrar el entorno, y puede buscar activamente el contacto con texturas intensas o el peso sobre el cuerpo como forma de autorregulación. Lo que hace especialmente complejo el canal táctil desde el punto de vista del diseño de interiores es que opera de forma pasiva e involuntaria: aunque la luz se puede filtrar en gran medida al cerrar los párpados, no se puede dejar de sentir el suelo bajo los pies. Los materiales de origen natural presentan una ventaja táctil estructural frente a los sintéticos: su textura es *predecible y coherente*. La cal estucada, aplicada en paramento mural, ofrece una superficie fría al primer contacto —su conductividad térmica, en torno a 0,70–0,90 W/(m·K), facilita una ligera transferencia de calor que el tacto percibe como frescor uniforme— y una textura microporosa que es táctilmente homogénea y desprovista de variaciones sorprendidas. Para una persona autista con hipersensibilidad táctil, esta homogeneidad es reguladora: el sistema nervioso recibe la misma señal en cada punto de contacto y no necesita activar una respuesta de alerta. El corcho, con una conductividad térmica de apenas 0,040–0,050 W/(m·K), es térmicamente neutro al tacto —no se siente ni frío ni caliente— y su textura superficial presenta una granulometría suave y continua que lo convierte en uno de los materiales de revestimiento táctilmente más amables disponibles. La madera sin tratar, el lino en bruto y la lana también pertenecen a esta categoría: materiales cuya textura tiene una lógica orgánica legible, cuya temperatura superficial se aproxima a la del cuerpo humano y cuya variación es gradual, nunca abrupta.

Los materiales sintéticos de uso frecuente en interiores presentan un perfil táctil cualitativamente distinto. El gres cerámico pulido, el PVC, los plásticos laminados y los metales —incluso a temperatura ambiente— tienen una conductividad térmica y una efusividad superficial que el sistema táctil interpreta como frío agresivo o dureza inhóspita en el primer contacto. Pero más relevante que la temperatura es la cuestión de la *predictibilidad táctil*: muchos acabados sintéticos son visualmente uniformes, pero táctilmente sorprendidos —una superficie que parece lisa presenta micro-relieves irregulares; un laminado que imita madera tiene una textura plástica que el tacto reconoce como incoherente respecto a lo que el ojo ve—. Esta disonancia entre canal visual y canal táctil es especialmente problemática para personas autistas, puesto que tienden a procesar la información sensorial de manera más literal y menos filtrada que en personas neurotípicas (Gaines et al., 2016). El cerebro que esperaba la textura de la madera y recibe la textura del plástico no solo registra una incomodidad táctil: registra una incongruencia entre canales que consume energía cognitiva y puede generar una respuesta de estrés.

El canal táctil engloba en realidad un conjunto de subsistemas diferenciados: el tacto discriminativo superficial, la *termocepción cutánea* —percepción de temperatura en la superficie de la piel—, la *nocicepción* —percepción de intensidad táctil extrema—, y la *propiocepción* —percepción de presión profunda, peso y posición corporal—, todos ellos con alteraciones documentadas en personas autistas (Dunn, 2014; Mahler, 2017). En el contexto del diseño de interiores, esta distinción tiene implicaciones directas sobre la elección de materiales textiles y mobiliario tapizado. La práctica profesional de la autora ha permitido identificar un patrón consistente y neurológicamente coherente en la elección de sofás según el perfil sensorial del habitante. La persona autista con **hiposensibilidad táctil** tiende a buscar dos tipos de respuesta opuestos pero igualmente intensos: o bien un sofá de gran blandura y profundidad, tapizado con textiles de textura rica, que al sentarse la envuelva y contenga desde la mayor superficie de piel posible —literalmente, que el sofá absorba el cuerpo y lo acoja de forma total—; o bien, en el extremo contrario, una estructura firme y rígida, donde la presión ósea al contacto con la superficie sea inequívocamente registrable por el sistema nervioso. En ambos casos el objetivo es el mismo: recibir suficiente input táctil e interoceptivo para que el cuerpo se sienta ubicado y contenido. La persona autista con **hipersensibilidad táctil**, en cambio, busca textiles suaves, transpirables y de densidad media —linos, algodones de ligamento suelto, lanas de fibra fina—, que generen el mínimo roce perceptible y no acumulen calor en los puntos de contacto. En contraste, los tejidos sintéticos —poliéster, acrílico, microfibra— generan una temperatura superficial variable, una textura electrostática y una ligereza que el sistema interoceptivo puede procesar como ausencia de información o, en el caso de hipersensibilidad, como una señal de alarma difusa y persistente. La preferencia clínica por materiales de peso y temperatura predecibles —mantas de peso, cojines con relleno denso— tiene su traducción directa en la selección consciente de los materiales textiles y tapizados de cualquier espacio habitable.

La realidad profesional en diseño neuroinclusivo de interiores confirma sistemáticamente esta lectura. Cuando el perfil sensorial del usuario indica hipersensibilidad táctil, la selección de revestimientos se orienta hacia superficies de textura uniforme, temperatura

neutra y ausencia de variaciones sorprendidas: cal, silicato mineral, corcho de grano fino, maderas de poro cerrado. Cuando el perfil indica hiposensibilidad táctil —necesidad de mayor input sensorial para el registro del entorno—, la elección incorpora materiales que ofrecen más información táctil sin resultar agresivos: morteros con árido grueso visible, piedra natural sin pulir, corcho de grano grueso, yute o lana en paramentos. El criterio determinante en ambos casos no es estético, sino neurológico: *¿qué nivel y tipo de información táctil necesita esta persona para sentirse en un entorno seguro?* La respuesta a esa pregunta es lo que debe guiar la selección de materiales.

3.2 Canal acústico: el material como trampa o amplificador del sonido

La acústica es, según los datos disponibles, el canal sensorial con mayor impacto sobre el bienestar de personas autistas en entornos contruidos. Ya en la sección 2.2 se citó el resultado más contundente de la investigación de Mostafa (2008): reducir el nivel de ruido de fondo de 65,5 a 52,5 decibelios —una diferencia de apenas 13 dB, conseguida exclusivamente mediante la elección de materiales absorbentes en suelos, paredes y techo— triplicó el tiempo de atención sostenida en tarea y redujo significativamente las conductas de desregulación. El 79% de los cuidadores y el 64% de los docentes del estudio identificaron la acústica como el factor ambiental con mayor impacto sobre el bienestar. Este resultado no es una anomalía: es coherente con lo que la neurociencia del autismo documenta sistemáticamente. La hipersensibilidad auditiva está presente en una proporción elevada de personas autistas —algunas estimaciones la sitúan entre el 65 y el 85%— y se manifiesta no solo como molestia, sino como dolor físico, desregulación emocional aguda y, en casos severos, respuesta de pánico ante estímulos sonoros que para una persona neurotípica resultan completamente inocuos (Gaines et al., 2016). El sonido no se puede cerrar. El oído no tiene párpados.

Cuando una onda sonora incide sobre una superficie, su energía se distribuye entre tres destinos: una parte es *reflejada*; rebota y se propaga de vuelta al espacio, una parte es *transmitida*; atraviesa el material y continúa al espacio contiguo, y una parte es *absorbida*; disipada en forma de calor por fricción interna en la estructura del material. El coeficiente de absorción acústica (α) de un material cuantifica esta última fracción en una escala de 0 a 1, donde $\alpha = 0$ indica reflexión total y $\alpha = 1$ indica absorción total. Los materiales duros, densos y de superficie continua —cerámica vidriada, vidrio, metal, plástico laminado— tienen coeficientes de absorción cercanos a 0 en la mayoría de las frecuencias: reflejan casi toda la energía sonora que reciben y la devuelven al espacio multiplicada por cada nueva reflexión, generando reverberación. Los materiales porosos, fibrosos o de estructura celular abierta —lana, corcho, madera porosa, textiles naturales— tienen coeficientes de absorción elevados: su estructura interna atrapa las ondas sonoras y disipa su energía antes de que puedan reflejarse. Para el diseño de interiores neuroinclusivos, esta distinción física no es técnica secundaria: es el mecanismo por el cual el material construye o destruye la habitabilidad acústica del espacio.

Entre los materiales de origen natural con mejores propiedades fonoabsorbentes para uso en revestimiento interior, el corcho destaca por su estructura celular única: al microscopio, está compuesto de millones de pequeñas cavidades llenas de aire que actúan como “trampas de sonido”, disipando la energía de las ondas sonoras por fricción en sus paredes internas. Su coeficiente de absorción acústica es elevado en un amplio rango de frecuencias, y resulta especialmente eficaz en las frecuencias medias —voces, ruidos domésticos cotidianos— que son precisamente las más perturbadoras para personas con hipersensibilidad auditiva. La lana animal presenta un comportamiento similar: su estructura fibrosa porosa alcanza coeficientes de absorción entre 0,8 y 1,0 a frecuencias medias-altas, convirtiéndola en uno de los materiales absorbentes más eficaces disponibles. La madera maciza porosa —sin barnizar o con acabados permeables al vapor— y las alfombras de fibras naturales sobre base de yute o arpillera también contribuyen significativamente a la absorción, especialmente en frecuencias bajas. Un interior resuelto con una combinación de estos materiales en suelo, paramentos y techo no es solo más agradable acústicamente: es neurológicamente más habitable para una persona autista con hipersensibilidad auditiva. El perfil acústico opuesto lo presentan los materiales sintéticos y los acabados duros de mayor uso en interiores contemporáneos. El gres cerámico pulido, pavimento dominante en el mercado residencial español y europeo, tiene un coeficiente de absorción próximo a 0,02 en frecuencias medias: refleja más del 98% de la energía sonora que recibe. El vidrio, el metal y los plásticos laminados presentan valores igualmente bajos. Una estancia resuelta con gres pulido en suelo, pintura plástica lisa en paredes y techo de escayola plana —combinación absolutamente estándar en la construcción convencional— genera un entorno de reverberación elevada donde cada sonido se amplifica, se superpone a sí mismo y persiste en el espacio mucho más tiempo del que el sistema auditivo autista puede gestionar sin activar una respuesta de alerta. A esto se añade un factor que la bibliografía sobre autismo y entorno recoge consistentemente: las personas autistas no solo procesan los sonidos con mayor intensidad, sino con mayor dificultad para filtrar los estímulos irrelevantes (Gaines et al., 2016). En un espacio acústicamente duro, esa incapacidad de filtrado se convierte en una fuente constante de sobrecarga cognitiva y emocional. La conclusión proyectual de este canal es directa y tiene consecuencias sobre cada decisión de selección de materiales: *la acústica de un interior no se resuelve con paneles acústicos añadidos a posteriori, sino con la elección de los materiales de revestimiento desde el inicio del proyecto*. Un suelo de madera maciza o de corcho, unas paredes de cal o de arcilla, unas alfombras de lana, un tapizado textil en el mobiliario: cada una de estas decisiones contribuye a un perfil acústico absorbente que no requiere ninguna intervención técnica especializada y que es, al mismo tiempo, táctilmente agradable, visualmente coherente y químicamente neutral. La acústica no es una capa adicional del diseño: es una propiedad intrínseca del material. Y para una persona autista con hipersensibilidad auditiva, esa propiedad puede ser la diferencia entre un espacio que regula y un espacio que desregula. Porque, como digo a menudo, ningún espacio es neutro.

3.3 Canal olfativo

El olfato es, entre todos los sistemas sensoriales, el que tiene una relación más directa e inmediata con las estructuras cerebrales que regulan la emoción y la memoria. A diferencia de la vista, el oído o el tacto, la señal olfativa no pasa por el tálamo antes de alcanzar la corteza: viaja directamente desde el bulbo olfatorio a la amígdala y al hipocampo —estructuras centrales del sistema límbico— sin ningún relevo previo (Cardinali, 2007). Esta anatomía explica por qué un olor puede desencadenar una respuesta emocional intensa en fracciones de segundo, antes de que la corteza prefrontal tenga tiempo de procesarlo racionalmente. Para personas autistas con hipersensibilidad olfativa, condición documentada en el DSM-5 como parte del procesamiento sensorial atípico y frecuentemente descrita como hiperosmia, esta vía directa al sistema límbico significa que ciertos olores no son meramente molestos: son potentes desencadenantes de desregulación emocional aguda, de náusea, de respuesta de alarma o de crisis conductual. Y a diferencia del tacto, que puede evitarse no tocando, o de la luz, que puede filtrarse cerrando los ojos, el olor se respira con cada inhalación. No hay forma de no olerlo.

La práctica profesional, pero también la experiencia vivida como persona con procesamiento sensorial atípico, son fuentes de conocimiento situado que permiten comprender este canal con una precisión que la bibliografía general sobre diseño de interiores raramente alcanza. Recuerdo que de niña era capaz de identificar qué había cocinado mi madre antes de llegar a casa, discerniendo el olor de los alimentos propios entre los de los vecinos del barrio. Este nivel de discriminación olfativa —que para muchas personas autistas e hipersensibles es cotidiano y no excepcional— ilustra con precisión lo que la neurociencia documenta: el sistema olfativo hipersensible no solo detecta más, sino que discrimina con una resolución cualitativamente diferente a la neurotípica. La misma capacidad que permite esa discriminación fina convierte ciertos olores en experiencias insostenibles. El amoníaco de un producto de limpieza, el disolvente de una pintura reciente, el plastificante de un suelo de PVC nuevo, el adhesivo de un revestimiento laminado: para un sistema nervioso con hiperosmia, estas no son molestias pasajeras. Son agresiones químicas que el cerebro registra con la misma intensidad que un dolor físico.

El concepto técnico que articula la relación entre materiales de construcción y canal olfativo es el de *compuestos orgánicos volátiles* (COVs): sustancias químicas que se evaporan a temperatura ambiente y se liberan al aire interior desde los materiales de revestimiento. Conviene precisar aquí un matiz que la bibliografía divulgativa sobre este campo frecuentemente omite: los COVs no son exclusivos de los materiales sintéticos. La madera también los emite, especialmente las especies resinosas —pino, cedro, abeto—, cuyas emisiones de terpenos pueden ser intensas y persistentes. Para una persona con hipersensibilidad olfativa severa, el cedro o el pino recién instalados no son materialmente neutros: su señal aromática, aunque de origen natural, no deja descansar al sistema olfativo y puede convertirse en una fuente de activación sostenida. En estos casos, las maderas frondosas de bajo contenido en resinas, como el roble, la haya o el Fresno, presentan un perfil de emisión significativamente más discreto y son opciones más adecuadas. La distinción proyectual relevante, por tanto, no es simplemente natural versus sintético, sino *intensidad*

de emisión, composición química y perfil de impacto sobre la sensibilidad neurológica del habitante. Lo que el WELL Building Standard v2 establece en su categoría de calidad del aire interior —límites máximos de emisión por tipo de material— es precisamente eso: un criterio de impacto, no de origen. Para el diseño neuroinclusivo, esos límites son un punto de partida, no un techo, y deben cruzarse con el perfil sensorial individual.

Una observación crítica que la práctica profesional impone y que la bibliografía especializada en diseño neuroinclusivo, raramente aborda es la siguiente: *el olor de un interior no lo determinan solo los materiales de revestimiento, sino también los productos con los que esos materiales se mantienen.* Un paramento natural puede convertirse en una fuente de agresión olfativa si se limpia con productos que contienen lejía, amoníaco o sulfumán. El gres, la cerámica y el PVC —materiales que ya emiten COVs en su estado basal— requieren habitualmente productos de limpieza agresivos para mantener su aspecto, multiplicando la carga química del aire interior. Los materiales naturales como la cal, la arcilla, la madera de poro abierto y el corcho, en cambio, se limpian eficazmente con agua, jabón neutro o soluciones de vinagre diluido —productos sin emisiones volátiles problemáticas—, y en algunos casos presentan propiedades bacteriostáticas naturales que reducen la necesidad de desinfectantes. Este criterio, la neutralidad química del sistema de mantenimiento, debe incorporarse explícitamente a cualquier protocolo de selección de materiales para espacios neuroinclusivos. Elegir el material correcto y limpiarlo con el producto incorrecto anula buena parte del beneficio obtenido.

El objetivo proyectual en el canal olfativo no es la fragancia agradable, sino la **neutralidad química calibrada al perfil del habitante**: un entorno donde el aire interior no contenga señales olfativas que el sistema nervioso autista tenga que procesar de forma continua sin poder filtrarlas. Para la mayoría de perfiles con hipersensibilidad olfativa, esto se consigue mediante tres decisiones articuladas: decantarse por materiales de baja emisión de COVs; los minerales como cal, silicato o arcilla, cuya composición inorgánica implica prácticamente ausencia de compuestos volátiles, o maderas de frondosas de bajo contenido resinoso con acabados al agua, ventilación que garantice la renovación del aire interior y protocolos de mantenimiento químicamente neutros. Sin embargo, la neutralidad olfativa absoluta no es siempre el objetivo ni siempre la solución. La práctica profesional de la autora ha incorporado el uso de aceites esenciales naturales como *anclaje olfativo*: una señal olfativa discreta, consistente y asociada a un espacio o momento concreto, que para algunas personas autistas funciona como marcador de seguridad —el olor que identifica ‘este es mi espacio, aquí estoy a salvo’—. Esta estrategia, cuando el perfil sensorial del usuario la permite, puede reforzar la previsibilidad olfativa del entorno con la misma lógica con la que la diferenciación de paramentos refuerza la legibilidad visual. No es universal: para personas con hiperosmia severa puede resultar contraproducente, y su aplicación requiere siempre evaluación previa del perfil individual. El canal olfativo, más que ningún otro, exige que el proyectista renuncie a las soluciones estándar y trabaje desde el conocimiento específico de quién va a habitar el espacio.

3.4 Canal visual: color, luz y continuidad de superficies

El canal visual es el más complejo del presente análisis porque no funciona como una unidad homogénea: en el contexto del autismo y el diseño de interiores, es necesario distinguir al menos tres dimensiones con dinámicas propias e implicaciones materiales diferentes. Una persona puede presentar hipersensibilidad al color y necesitar simultáneamente una iluminación natural abundante; puede tolerar bien los tonos neutros y ser profundamente perturbada por un patrón geométrico en el suelo. Tratar el canal visual como una sola variable lleva a soluciones que resuelven una dimensión y agravan otra. La sección se organiza, por tanto, en tres bloques: color, luz y continuidad de superficies.

Color

El color actúa sobre el sistema nervioso como modulador neurohormonal: afecta los niveles de melatonina y serotonina, interfiere en el ritmo circadiano e influye directamente sobre el estado de ánimo y la capacidad de regulación emocional. En personas autistas, esta influencia puede ser significativamente más intensa. Ludlow et al. documentaron el caso de un niño con autismo severo que experimentaba reacciones fisiológicas agudas —náusea, dolor ocular, crisis conductual— ante determinados colores, y cuya familia había adaptado completamente el entorno doméstico a una paleta monocromática para prevenir esas respuestas. El estudio propone que las obsesiones cromáticas responden a hiposensibilidad en determinadas longitudes de onda —el color actúa como estímulo buscado— mientras que las fobias cromáticas responden a hipersensibilidad extrema —el color actúa como agresión. La conclusión proyectual es directa: *no existe un color terapéutico universal*. Lo que regula a un habitante puede desregular al siguiente. La investigación en entornos educativos para personas autistas indica que las paletas de baja saturación y tonos tierra —verdes apagados, ocre, grises cálidos— son estadísticamente menos problemáticas que los amarillos intensos o los rojos puros (Gaines et al., 2016), pero esta tendencia estadística no sustituye la evaluación del perfil individual. El criterio material concreto que se deriva de esta evidencia es la apuesta por superficies de acabado **mate** en lugar de brillante: los acabados mate absorben la luz difusamente y reducen el impacto cromático percibido, mientras que los acabados brillantes —gres pulido, pintura plástica satinada, laminados vinílicos— amplifican la saturación y añaden reflejos que multiplican la información visual a procesar.

Luz

La sensibilidad al color y la necesidad de luz son dimensiones independientes que no deben confundirse. Una persona con hipersensibilidad cromática puede necesitar al mismo tiempo una iluminación natural abundante: lo que le perturba es la saturación del color de las superficies, no la cantidad de luz en sí misma. Esta distinción tiene consecuencias materiales precisas. La luz natural es, por razones neurobiológicas bien documentadas, cualitativamente diferente de la artificial: su espectro completo, su variación circadiana y su ausencia de flicker la convierten en la fuente de iluminación con menor impacto desregulador para el sistema nervioso autista. Los fluorescentes y determinados LED de baja

calidad producen un parpadeo a frecuencias que resultan imperceptibles conscientemente para la mayoría de personas neurotípicas pero que el sistema visual de muchas personas autistas detecta y procesa como una estimulación discontinua y sostenida —generando fatiga visual, cefalea y desregulación (Autistic SPACE, Doherty et al., 2023)—. La selección de materiales incide en este subcriterio de forma indirecta pero real: las superficies **mate y de baja reflectancia** —cal, yeso, arcilla, madera sin barniz brillante, textiles naturales— difunden la luz de forma suave y homogénea, eliminando los reflejos puntuales y las sombras duras que pueden constituir una fuente de estrés visual. En contraste, las superficies altamente reflectantes —gres pulido, vidrio, metal, laminados brillantes— generan puntos de luz intensa, sombras de alto contraste y reflejos en movimiento que demandan atención visual constante y elevan la carga cognitiva del espacio.

Patrones y continuidad de superficies

El tercer subcriterio del canal visual es el que con mayor frecuencia se omite en los manuales de diseño para autismo, y es, desde la experiencia proyectual, uno de los más relevantes para la seguridad física del habitante. Algunas personas autistas presentan una *percepción visual fragmentada*: en lugar de procesar la imagen del espacio como un conjunto integrado, el sistema visual tiende a captar los detalles de forma aislada y a tener dificultades para sintetizar la información en una lectura global coherente. En este modo de percepción, los cambios bruscos de color, los patrones geométricos de alto contraste y las sombras duras proyectadas sobre el suelo pueden ser interpretados por el cerebro como cambios de volumen o desniveles físicos —como un escalón, un pozo o un obstáculo—, cuando en realidad la superficie es completamente plana. Las consecuencias son concretas: vacilación ante el paso sobre esa zona, desvíos del recorrido, y en casos severos, caídas por el movimiento compensatorio ante un obstáculo percibido que no existe. La práctica profesional de la autora ha consolidado un criterio invariable ante esta realidad: **los suelos deben ser lisos, continuos y de baja variación cromática**. Un pavimento de una sola pieza sin juntas visibles, de tono uniforme y acabado mate —microcemento, cal continua, linóleo natural, madera de gran formato sin contraste entre piezas, baldosas de gran formato con poca junta— elimina las señales visuales que el cerebro puede malinterpretar como información volumétrica. Los suelos con juntas marcadas, cambios de material frecuentes, mosaicos de alto contraste, piezas irregulares o patrones geométricos de escala media son materialmente inadecuados para personas con percepción fragmentada, independientemente de su calidad constructiva o de su valor estético convencional.

Los tres subcriterios del canal visual —color, luz y continuidad— comparten una lógica común: la reducción de la *carga cognitiva visual*, entendida como el esfuerzo que el sistema nervioso debe invertir en procesar e interpretar la información visual del entorno. Un espacio con superficies mate de baja saturación, iluminado con luz natural difusa y resuelto con pavimentos continuos y sin contraste no es solo menos estimulante: es neurológicamente más legible, más predecible y más habitable para una persona autista. Y como en los canales anteriores, los materiales naturales —cal, silicato, corcho, madera de poro abierto, textiles sin apresto sintético— presentan un perfil visual inherentemente más adecuado que los sintéticos brillantes, precisamente porque sus propiedades ópticas

—baja reflectancia, acabado difuso, variación cromática orgánica— no requieren ninguna intervención adicional para cumplir los criterios neuroinclusivos del canal visual.

4. La Paleta de Materialidad Neuroinclusiva (PMN)

4.1 Seis principios fundacionales

Los cuatro canales sensoriales analizados en la sección anterior convergen en una propuesta aplicada que constituye la aportación original central de este paper: una PMN, articulada en seis principios que deben guiar la selección de materiales de interior en espacios habitados por personas autistas. Esta paleta no es un catálogo de materiales prescriptivos, sino un sistema de criterios calibrables que el proyectista debe aplicar siempre en función del perfil sensorial del habitante concreto. Los seis principios son los siguientes:

1. Predictibilidad sensorial multicanal. El material debe ofrecer coherencia entre lo que comunica visualmente, lo que transmite al tacto, lo que emite acústicamente y lo que proyecta olfativamente. Un material que parece una cosa y se siente como otra —el laminado vinílico que imita madera, pero tiene textura plástica— genera incongruencia intercanal que consume energía cognitiva y puede activar respuesta de alerta. Los materiales naturales tienden a presentar coherencia semántica multicanal intrínseca; los materiales sintéticos de imitación la rompen sistemáticamente.

2. Neutralidad química calibrada. El material debe minimizar la carga de compuestos orgánicos volátiles en el aire interior. Esta neutralidad no se establece por el origen natural o sintético del material, sino por su perfil real de emisión: los materiales minerales —cal, silicato, arcilla— son los más seguros por su composición inorgánica; las maderas frondosas de bajo contenido resinoso son preferibles a las resinosas para perfiles con hiperosmia. El criterio se extiende a los productos de mantenimiento: la neutralidad química del material puede anularse con un sistema de limpieza químicamente agresivo.

3. Calibración al perfil Dunn. No existe un material universalmente neuroinclusivo. La selección debe responder al perfil sensorial específico del habitante, articulado según el modelo de Dunn (2014): umbral neurológico —alto o bajo— y estrategia de autorregulación —activa o pasiva—. Un mismo material puede ser regulador para un perfil hiposensible y desregulador para un perfil hipersensible. La evaluación del perfil precede y condiciona cualquier decisión material.

4. Graduación por zonas funcionales. El nivel de estimulación sensorial de los materiales debe graduarse en coherencia con la función de cada zona del espacio, siguiendo la lógica de zonificación sensorial del índice ASPECTSS (Mostafa, 2008): las zonas de alta actividad admiten materiales de mayor información sensorial; las zonas de descanso, retirada y regulación requieren materiales de mínima estimulación. La paleta no es homogénea en todo el espacio: es un gradiente calibrado que ofrece una dieta sensorial coherente.

5. Reversibilidad y control del habitante. En la medida de lo posible, los materiales y acabados deben poder modificarse o sustituirse sin obra mayor, permitiendo que el habitante —o su entorno de cuidado— ajuste el entorno a medida que el perfil sensorial evoluciona. Los textiles, las alfombras, los tapizados y los acabados al agua facilitan esta reversibilidad. Los revestimientos pegados, los pavimentos encolados y los sistemas de acabado irreversibles la impiden. La reversibilidad es también una forma de autonomía. Si vamos más allá, intentemos valorar elementos reutilizables o reciclables.

6. Individualización no universal. Esta paleta no es un estándar aplicable de forma idéntica a todos los espacios habitados por personas autistas. Es un sistema de criterios que requiere evaluación individual previa. La heterogeneidad sensorial dentro del espectro autista —documentada por Little et al. (2018) como tan elevada como la variabilidad intergrupo— hace que cualquier solución estándar, por bien intencionada que sea, reproduzca los mismos errores de exclusión que pretende corregir. La clave está en diseñar para el perfil, no para el diagnóstico.

4.2 Matriz de selección de materiales por canal y perfil sensorial

La tabla siguiente sintetiza los criterios de selección material desarrollados en la sección 3, organizados por canal sensorial y perfil de procesamiento. Está concebida como herramienta de consulta rápida para el proyectista; para la justificación detallada de cada criterio, véase la sección correspondiente. Los materiales citados son orientativos: la selección final requiere siempre la evaluación del perfil sensorial individual del habitante (véase Principio 6).

Tabla 1. Matriz de selección de materiales neuroinclusivos por canal sensorial y perfil de procesamiento. Columna Zona: A = Actividad, T = Transición, D = Descanso/Retirada (ASPECTSS, Mostafa 2008). Elaboración propia.

Canal	Perfil	Material recomendado	Material a evitar	Zona	Fundamento
Táctil	Hipersensibilidad (■ sensibil. / ■ umbral)	Cal estucada, corcho grano fino, maderas frondosas poro cerrado, lino y algodón de ligamento suelto	PVC, metales, plásticos laminados, tejidos sintéticos	D / Retirada	Textura uniforme y predecible; conductividad térmica neutra. Dunn (2014)
Táctil	Hiposensibilidad (■ sensibil. / ■ umbral)	Mortero árido grueso, piedra sin pulir, corcho grano grueso, yute, lana. Mobiliario de descanso muy blando o muy rígido según búsqueda de input propioceptivo	Superficies táctilmente neutras o sin información	A / T	Necesidad de input propioceptivo intenso. Dunn (2014); Mahler (2017)

>>> *continúa*

Canal	Perfil	Material recomendado	Material a evitar	Zona	Fundamento
Acústico	Hipersensibilidad (α sensibil. / α umbral)	Corcho, lana, madera porosa, alfombra fibra natural sobre base yute, textiles tapizados	Gres pulido, cerámica vidriada, metal, plástico laminado (α ≈ 0,02)	Todos (prior. D/R)	α 0,8-1,0 en frecuencias medias. Mostafa (2008); Gaines (2016)
Acústico	Hiposensibilidad (α sensibil. / α umbral)	Mismos materiales absorbentes; posibilidad de reverberación controlada en zona de actividad	Espacios completamente anecoicos	A	Necesidad de input auditivo moderado. Dunn (2014)
Olfativo	Hipersensibilidad / hiperosmia	Cal, silicato, arcilla (sin COVs). Maderas frondosas: roble, haya, fresno. Mantenimiento: jabón neutro o vinagre diluido + ventilación antes y después	Pinturas plásticas, PVC, adhesivos, barnices, maderas resinosas (pino, cedro). Lejía, amoniac	Todos (prior. D)	COVs: vía directa sistema límbico sin relevo talámico. WELL v2 (2020); DSM-5
Olfativo	Hiposensibilidad / sin hiperosmia	Mismos materiales + anclaje olfativo con aceite esencial natural discreto si perfil lo admite	Ambientadores sintéticos, fragancias industriales	D / T	Anclaje olfativo como marcador de seguridad. Martín Pons (práctica profesional)
Visual: color	Hipersensibilidad cromática	Acabados mate baja saturación: cal, silicato, yeso mineral, textiles tonos tierra/grises cálidos	Pinturas satinadas, laminados de colores intensos, gres de alto brillo	Todos (crit. D)	No existe color terapéutico universal. Ludlow et al.; Gaines (2016)
Visual: color	Hiposensibilidad cromática	Acentos cromáticos controlados en textiles o mobiliario intercambiable	Paletas completamente neutras sin punto de referencia visual	A / T	Búsqueda de input en ciertas longitudes de onda. Ludlow et al.
Visual: luz	Sensibilidad al flicker / luz artificial	Superficies mate baja reflectancia que difunden luz natural. LED sin flicker certificado	Superficies pulidas reflectantes, fluorescentes, LED con flicker	Todos	Flicker procesado como estimulación discontinua. Doherty et al. (2023)
Visual: patrones	Percepción fragmentada	Pavimento continuo liso y uniforme: microcemento, cal continua, linóleo natural, madera gran formato tono uniforme	Mosaicos, juntas marcadas, cambios de material frecuentes, patrones geométricos en suelo	Todos (crit. suelo)	Cambios de color/sombra leídos como desnivel físico. Riesgo de caída. Martín Pons (práctica profesional)

4.3 La paleta en la práctica: conocimiento situado como metodología

Los criterios que articulan esta paleta no han sido contruidos únicamente desde la revisión bibliográfica. Son el resultado de un proceso de triangulación entre evidencia científica, observación sistemática en intervenciones de diseño de interiores y conocimiento situado —la experiencia de diseñar siendo, a su vez, una persona con procesamiento sensorial atípico—. Esta triangulación no debilita la propuesta: la refuerza. Cuando la experiencia profesional identifica de forma independiente los mismos fenómenos que la neurociencia documenta —el efecto umbral que Brusilovsky denomina efecto puerta, la paradoja de los dos extremos del hiposensible táctil, la disonancia intercanal del laminado que imita madera— la convergencia entre experiencia y evidencia es precisamente lo que otorga a los criterios su validez proyectual.

La PMN propuesta en este paper es, en este sentido, una herramienta de doble naturaleza: científicamente fundamentada para su uso en el marco académico y profesional, y prácticamente aplicable para su uso en el proceso de diseño real. Su valor no reside en prescribir qué materiales usar, sino en proporcionar el sistema de preguntas correctas: ¿qué nivel de información táctil necesita este sistema nervioso? ¿Qué perfil acústico es compatible con este umbral auditivo? ¿Qué continuidad visual requiere esta percepción? ¿Qué neutralidad química exige esta sensibilidad olfativa? Las respuestas varían con cada habitante. El sistema de preguntas no.

5. Conclusiones

Este paper ha partido de una premisa que la práctica del diseño de interiores convencional raramente formula: la elección del material de revestimiento es una decisión de accesibilidad. No de accesibilidad en el sentido normativo habitual; rampas, anchuras de paso, señalética en braille, sino de accesibilidad sensorial: la capacidad del entorno construido de ser habitado sin que el sistema nervioso del habitante tenga que invertir energía constante en filtrar, compensar o sobrevivir la experiencia de ese espacio. Para personas autistas, cuyo procesamiento sensorial atípico está reconocido como criterio diagnóstico central tanto en el DSM-5 como en el CIE-11, esta distinción no es semántica. Es la diferencia entre un espacio que regula y un espacio que desregula. Entre un hogar que sostiene y uno que agota.

La revisión bibliográfica y el análisis por canales sensoriales desarrollados en las secciones anteriores permiten afirmar con base en evidencia que los materiales de interior actúan simultáneamente en cuatro registros neurológicos: táctil —a través de la termocepción cutánea, la nocicepción y la propiocepción—; acústico —a través de sus propiedades de absorción o reflexión sonora—; olfativo —a través de su perfil de emisión de compuestos orgánicos volátiles y de su respuesta al mantenimiento—; y visual —a través de su acabado, su reflectancia, su continuidad y su coherencia cromática—. En ninguno de estos registros la configuración material es neutra. Y en ninguno de ellos la normativa vigente

—ni el CTE español, ni el BB77/94 británico, ni la ADA estadounidense— establece criterios específicos para personas autistas. El vacío normativo que Mostafa señaló en 2008 citando al ICC sigue sin cerrarse en 2026. La accesibilidad sensorial-cognitiva para personas autistas no existe como categoría regulada en ningún código de edificación conocido. La PMN propuesta en este paper —articulada en seis principios y operacionalizada en una matriz de selección por canal y perfil sensorial— no pretende cubrir ese vacío normativo ni establecer un estándar universal. Pretende algo más modesto y útil: proporcionar al proyectista un sistema de preguntas correctas y un marco de referencia fundamentado para responderlas. Sus límites son los mismos que los del campo: la heterogeneidad sensorial dentro del espectro autista es tan elevada que cualquier solución estándar, por bien intencionada que sea, corre el riesgo de reproducir los mismos errores de exclusión que pretende corregir. El antídoto no es más estandarización, sino más individualización. No un protocolo universal, sino la capacidad de construir un protocolo específico para cada habitante y cada espacio de vivienda. Esa capacidad —metodológica, clínica y proyectual— es la verdadera herramienta del diseño neuroinclusivo, y su desarrollo sistemático constituye una de las líneas de investigación más necesarias del campo.

Existe, no obstante, un argumento de universalidad que merece ser explicitado. Como señaló Mostafa (2008), diseñar para el extremo del espectro beneficia al centro. Un entorno acústicamente bien resuelto —con materiales de alta absorción que reducen la reverberación— no es únicamente más habitable para una persona autista con hipersensibilidad auditiva: es objetivamente menos fatigante para cualquier habitante. Un suelo continuo y sin contraste brusco no solo elimina el riesgo de caída para una persona con percepción fragmentada: mejora la legibilidad espacial para todos. Materiales con baja emisión de compuestos orgánicos volátiles no solo protegen el sistema límbico hipersensible de una persona con hiperosmia: mejoran la calidad del aire interior para cualquier persona que habite ese espacio. Los criterios de materialidad neuroinclusiva no son criterios de nicho. Son criterios de calidad del entorno construido que el diseño convencional no ha tenido razones suficientes para adoptar —hasta ahora.

Dos líneas de investigación emergen con claridad de este trabajo. La primera es el desarrollo de un **protocolo estandarizado de evaluación sensorial previo al proyecto** que permita al proyectista identificar el perfil sensorial del habitante y traducirlo en criterios de selección material antes de tomar ninguna decisión de diseño. Este protocolo —que debería integrar las herramientas de evaluación sensorial clínica existentes con el conocimiento proyectual del diseño de interiores— no existe todavía en la literatura del campo, y su ausencia es el principal obstáculo para la aplicación sistemática de los criterios propuestos en este paper. La autora ha desarrollado en su práctica profesional aproximaciones de evaluación sensorial aplicada al proyecto de interiores que apuntan en esta dirección, y cuya sistematización formal constituye una línea de trabajo en curso. La segunda es la incorporación del **co-diseño con personas autistas** como metodología proyectual no opcional. Si el argumento central de este paper es que el material debe responder a la experiencia neurológica del habitante, la consecuencia epistemológica es que el habitante debe participar activamente en la construcción de ese conocimiento. Diseñar *para* personas autistas sin diseñar *con* ellas reproduce, en el plano metodológico, la misma lógica

de exclusión que pretende corregir en el plano material. Finalmente, la incorporación de estos criterios en la normativa de construcción y accesibilidad es una urgencia política que excede el alcance de este paper pero que la evidencia acumulada —incluyendo la presentada aquí— hace cada vez más difícil de posponer.

Para una persona autista, cada superficie, cada acabado, cada junta del suelo y cada producto de limpieza es una señal que el sistema nervioso procesa, evalúa y responde —a veces con regulación, a veces con alarma, siempre con un coste energético que la arquitectura convencional no ha aprendido todavía a calcular. Este paper es una contribución a ese aprendizaje: la propuesta de que elegir un material es, siempre, tomar una decisión neurológica. Las respuestas varían con cada habitante. El sistema de preguntas no. Y con nuestra práctica decidimos directamente quien entra y permanece en un lugar y quien se excluye de él... hasta ese punto llega nuestra responsabilidad.

Nota sobre el uso de herramientas de inteligencia artificial: en la elaboración de este artículo se ha utilizado asistencia de IA (Claude, Anthropic) para tareas de apoyo editorial: adecuación a normas de citación y revisión estilística. Las ideas, el marco teórico, el análisis, la propuesta de la paleta de materialidad neuroinclusiva y las conclusiones son de autoría íntegra de la autora.

Nota

1. El efecto puerta documentado por Brusilovsky (2019) y el efecto umbral identificado por la autora en su práctica profesional refieren al mismo fenómeno desde marcos independientes.

Referencias bibliográficas

- APA — American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders* (5.ª ed., DSM-5). American Psychiatric Association.
- Brusilovsky, B. (2015). *Accesibilidad cognitiva. Modelo para diseñar espacios accesibles*. CEAPAT.
- Brusilovsky, B. (2019). *Accesibilidad cognitiva, arquitectura y espectro del autismo. Claves para el diseño*. Incipit Editores.
- Brusilovsky, B. (2022). *Vivienda, neurociencia y diversidad*. Incipit Editores.
- Canal-Bedia, R., García-Primo, P., Martín-Cilleros, M.V., Santos-Borbujo, J., Guisuraga-Fernández, Z., Herráez-García, L., & Posada-De la Paz, M. (2022). Prevalencia del trastorno del espectro autista en España. *Anales de Pediatría*. <https://doi.org/10.1016/j.anpedi.2021.07.019>

- Canals, J., Morales-Hidalgo, P., Jané, M.C., & Domènech, E. (2020). ASD screening and diagnosis in Spain: Implications for clinical practice. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 50, 2024–2036.
- Cardinali, D.P. (2007). *Neurociencia aplicada. Sus fundamentos*. Editorial Médica Panamericana.
- CDC — Centers for Disease Control and Prevention. (2023). Prevalence of autism spectrum disorder among children aged 8 years: Autism and developmental disabilities monitoring network. *MMWR Surveillance Summaries*, 72(2), 1–14.
- Doherty, M., McCowan, S., & Shaw, S.C.K. (2023). Autistic SPACE: A novel framework for supporting autistic people in healthcare settings. *British Journal of Hospital Medicine*, 84(4), 1–6.
- Dunn, W. (2014). *Sensory Profile 2 User's Manual*. Pearson.
- Fishman, I., Keown, C.L., Lincoln, A.J., Pineda, J.A., & Müller, R.A. (2014). Atypical cross talk between mentalizing and mirror neuron networks in autism spectrum disorder. *JAMA Psychiatry*, 71(7), 751–760. <https://doi.org/10.1001/jamapsychiatry.2014.83>
- Gaines, K., Bourne, A., Pearson, M., & Kleibrink, M. (2016). *Designing for Autism Spectrum Disorders*. Routledge.
- Kaplan, R., & Kaplan, S. (1989). *The Experience of Nature: A Psychological Perspective*. Cambridge University Press.
- Kellert, S., & Wilson, E.O. (Eds.). (1993). *The Biophilia Hypothesis*. Island Press.
- Kinnaer, M., Baumers, S., & Heylighen, A. (2015). Autism-friendly architecture from the outside in and the inside out: An exploratory study based on autobiographies of autistic people. *Journal of Housing and the Built Environment*, 31(2), 179–195.
- Lee, K.E., Williams, K.J.H., Sargent, L.D., Williams, N.S.G., & Johnson, K.A. (2021). 40-second green roof views sustain attention: The role of micro-breaks in attention restoration. *Journal of Environmental Psychology*, 42, 182–189.
- Little, L.M., Dean, E., Tomchek, S., & Dunn, W. (2018). Sensory processing patterns in autism, attention deficit hyperactivity disorder, and typical development. *Physical & Occupational Therapy in Pediatrics*, 38(3), 243–254.
- Ludlow, A.K., Wilkins, A.J., & Heaton, P. (2008). The effect of colour on reading ability in children with autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*. Citado en Martín Pons, V. (2024). *Metaanálisis: diseño para la neurodivergencia*. Documento de trabajo. A-TIPIC.
- Mahler, K. (2017). *Interoception: The Eighth Sensory System*. AAPC Publishing.
- Martín Pons, V. (2024). *Metaanálisis: diseño para la neurodivergencia*. Documento de trabajo. A-TIPIC.
- Martín Pons, V. (2025). *Paleta de materialidad neuroinclusiva*. Documento de trabajo. A-TIPIC.
- Mostafa, M. (2008). An architecture for autism: Concepts of design intervention for the autistic user. *Archnet-IJAR — International Journal of Architectural Research*, 2(1), 189–211.
- Mostafa, M. (2014). Architecture for autism: Autism ASPECTSS™ design index in school design. *Archnet-IJAR — International Journal of Architectural Research*, 8(1), 143–158.
- Mostafa, M. (2020). Architecture for autism. En *Autism 360°* (pp. 479–500). Academic Press.

- Mostafa, M. (2024). When we design for autism, we design for everyone. *Metropolis Magazine*. <https://metropolismag.com/viewpoints/when-we-design-for-autism-we-design-for-everyone/>
- Nair, A., Treiber, J.M., Shukla, D.K., Shih, P., & Müller, R.A. (2013). Impaired thalamocortical connectivity in autism spectrum disorder: a study of functional and anatomical connectivity. *Brain*, 136(6), 1942–1955. <https://doi.org/10.1093/brain/awt079>
- OMS — Organización Mundial de la Salud. (2022). *Clasificación Internacional de Enfermedades, 11.ª revisión (CIE-11)*. Organización Mundial de la Salud.
- Russell, G., Stapley, S., Newlove-Delgado, T., Salmon, A., White, R., Warren, F., Pearson, A., & Ford, T. (2022). Time trends in autism diagnosis over 20 years: A UK population-based cohort study. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 63(6), 674–682.
- Salari, N., Rasoulpoor, S., Rasoulpoor, S., Shohaimi, S., Jafarpour, S., Abdoli, N., Khaledi-Paveh, B., & Mohammadi, M. (2022). The global prevalence of autism spectrum disorder: A comprehensive systematic review and meta-analysis. *Italian Journal of Pediatrics*, 18, 112.
- Sánchez-León, C.A., & Márquez-Ruiz, J. (2022). Implicación del cerebelo en los déficits sensoriales asociados al trastorno del espectro autista. *eNeuro*. Universidad Pablo de Olavide.
- WELL Building Standard v2. (2020). *Air quality: VOC emissions from materials*. International WELL Building Institute. <https://v2.wellcertified.com/>
- Zeidan, J., Fombonne, E., Scora, J., Ibrahim, A., Durkin, M.S., Saxena, S., Yusuf, A., Shih, A., & Elsabbagh, M. (2022). Global prevalence of autism: A systematic review update. *Autism Research*, 15(5), 778–790.

Abstract: Atypical sensory processing, recognized as a core diagnostic criterion for autism in both DSM-5 and ICD-11, remains systematically overlooked in building codes and conventional interior design practice. This paper argues that the selection of interior finish materials constitutes a sensory accessibility decision with direct neurological consequences for autistic people, and that addressing it requires a specific framework that the field has not yet formalized. Drawing on a critical literature review integrating Dunn's sensory processing theory (2014), Mostafa's ASPECTSS index (2008), the Autistic SPACE framework by Doherty et al. (2023), and Brusilovsky's cognitive accessibility theory (2019), alongside the situated knowledge derived from the author's professional practice in neuroinclusive interior design, the paper analyzes natural and synthetic materials across four sensory channels —tactile, acoustic, olfactory and visual— and proposes a neuroinclusive materiality palette structured around six principles and operationalized in a selection matrix by channel and sensory profile. Findings indicate that mineral and natural materials present, in most sensory profiles, intrinsically more adequate properties than synthetic ones, although the relevant distinction is not one of origin but of individual neurological impact. Conclusions position materiality as an unaddressed dimension of accessibility and open research lines around the development of sensory assessment protocols for interior design projects and the integration of co-design with autistic people as a projective methodology.

Keywords: neuroarchitecture - autism - materiality - sensory design - hypersensitivity - hyposensitivity - sensory profile - biophilia - cognitive accessibility - neuroinclusive interiors

Resumo: O processamento sensorial atípico, reconhecido como critério diagnóstico central no autismo tanto pelo DSM-5 quanto pelo CID-11, permanece sistematicamente ignorado nos códigos normativos de edificação e na prática convencional do design de interiores. Este artigo propõe que a seleção de materiais de revestimento interior constitui uma decisão de acessibilidade sensorial com consequências neurológicas diretas para pessoas autistas, e que sua abordagem exige um marco de critérios específico ainda não formalizado na literatura da área.

A partir de uma revisão bibliográfica crítica que integra a teoria do processamento sensorial de Dunn (2014), o índice ASPECTSS de Mostafa (2008), o modelo Autistic SPACE de Doherty et al. (2023) e a teoria de acessibilidade cognitiva de Brusilovsky (2019), em diálogo com o conhecimento situado derivado da prática profissional da autora em design neuroinclusivo de interiores (Martín, 2022), o artigo desenvolve uma análise dos materiais naturais e sintéticos mais utilizados por meio de quatro canais sensoriais — tátil, acústico, olfativo e visual — e propõe uma Paleta de Materialidade Neuroinclusiva (PMN), estruturada em seis princípios e operacionalizada em uma matriz de seleção por canal e perfil sensorial. Os resultados indicam que materiais de origem mineral e natural apresentam, na maioria dos perfis, propriedades sensoriais intrinsecamente mais adequadas do que os materiais sintéticos, embora a distinção relevante não seja de origem, mas de impacto neurológico individual. As conclusões apontam a materialidade como uma dimensão ainda não contemplada da acessibilidade e abrem novas linhas de investigação relacionadas ao desenvolvimento de protocolos de avaliação sensorial aplicados ao projeto de interiores, bem como à incorporação do co-design com pessoas autistas como metodologia projetual.

Palavras-chave: neuroarquitetura - autismo - materialidade - design sensorial - hipersensibilidade - hipossensibilidade - perfil sensorial - biofilia - acessibilidade cognitiva - interiores neuroinclusivos

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

Verónica Martín Pons. Diseñadora de Interiores, titulada por la Escola Superior de Diseny i Arts Plàstiques (ESDAP), sede de Barcelona. Es fundadora y directora de A-TIPIC Biointeriors, estudio especializado en diseño de interiores neuroaccesible, y presidenta de ATIPICOS.org, asociación para la visibilidad y el apoyo a personas neurodivergentes, sus familias y profesionales neuroaformativos. Su práctica profesional se centra en el diseño de espacios habitables para personas neurodivergentes y con diversidad sensorial, integrando neurociencia aplicada, bioconstrucción y conocimiento situado. El presente trabajo se adscribe a su actividad en A-TIPIC Biointeriors.

Respuesta Emocional a Paisajes en Ventanas Arquitectónicas Mediante Realidad Virtual Inmersiva

Eduardo S. Rocha, Antonio García-Anacleto y
José Francisco Armendáriz-López⁽¹⁾

Resumen: Este estudio analiza cómo diferentes vistas de paisajes —azul (Ensenada), verde (Mexicali) y café árido (Tijuana)— influyen en la experiencia emocional de estudiantes universitarios. El experimento empleó entornos virtuales de 360° presentados como vistas simuladas de ventanas arquitectónicas. Si bien el protocolo del experimento incluyó electroencefalografía (EEG) para evaluar la actividad alfa y beta, el presente artículo se centra en las respuestas emocionales medidas mediante la Escala de Afecto Positivo y Negativo (PANAS), debido a su relevancia directa con el diseño arquitectónico, la restauración percibida y la mitigación del estrés académico.

Los resultados revelaron claras diferencias en las respuestas afectivas entre los diferentes tipos de paisajes. El afecto positivo fue mayor en el paisaje azul de Ensenada ($M = 34.08$), seguido de cerca por el paisaje verde de Mexicali ($M = 33.06$); mientras que el paisaje árido de Tijuana presentó valores sustancialmente más bajos ($M = 27.66$). Por el contrario, el afecto negativo mostró un patrón inverso: Ensenada ($M = 13.23$) y Mexicali ($M = 12.61$) mostraron un afecto negativo menor en comparación con Tijuana ($M = 16.54$). Un ANOVA factorial de 2×3 indicó una interacción significativa entre el tipo de paisaje y el afecto ($F = 32.399$, $p < .001$), lo que demuestra que las diferencias emocionales entre el afecto positivo y negativo dependían en gran medida del paisaje observado.

Estos hallazgos sugieren que el acceso visual a paisajes restauradores, incluso mediado por simulaciones virtuales de ventanas, puede influir significativamente en el bienestar emocional. Los resultados destacan la relevancia arquitectónica de la orientación de las ventanas, la selección del paisaje y el diseño visual del campus como posibles estrategias para apoyar la recuperación del estrés en estudiantes universitarios.

Palabras clave: Psicología ambiental - Percepción del paisaje - Vistas virtuales desde ventanas - PANAS - Neuroarquitectura - Realidad virtual

[Resúmenes en inglés y portugués en la página 132]

(1) Ver CV en pág. 133

Introducción

La percepción es un proceso corporal multisensorial a través del cual los individuos interactúan e interpretan su entorno, lo cual influye directamente en los estados afectivos, procesos cognitivos y respuestas fisiológicas (Pallasmaa, 2014; Zumthor, 2006), en contextos arquitectónicos, esta relación es particularmente relevante, dado que los entornos construidos no solo cumplen funciones operativas, sino que también configuran experiencias perceptivas que modulan la interacción cotidiana entre los ocupantes y su entorno, en este sentido, el acceso visual a entornos naturales se puede asociar de forma sistemática con la recuperación emocional, la reducción del estrés y la mejora del bienestar fisiológico.

Al analizar esta interacción, se puede advertir que las vistas desde las ventanas cumplen la función de interfaces perceptivas críticas, dado que de manera activa median la relación entre los espacios interiores y los paisajes exteriores, por tanto, es a través de este dispositivo arquitectónico activo que los ocupantes mantienen un contacto visual continuo con elementos como la topografía, la vegetación, el agua, el cielo, y los cambios ambientales de temporal. En estudios previos se ha reportado que tener acceso a la vista de elementos naturales pueden influir en forma positiva en la experiencia espacial, el estado de ánimo y la percepción de confort en entornos residenciales, laborales y educativos (Kaplan y Kaplan, 1989; Sailer y Pomeroy, 2018). En este sentido, una ventana trasciende su función constructiva para constituirse en un elemento activo de la experiencia emocional del espacio. Por otro lado, desde la perspectiva de la psicología ambiental, se ha documentado el potencial restaurador de la naturaleza. Investigaciones pioneras (Ulrich 1984; Ulrich et al., 1991) sugirieron que la exposición visual a paisajes naturales puede generar respuestas afectivas positivas, así como promover una rápida reducción de los indicadores de estrés fisiológico y emocional, hallazgos que dieron lugar a marcos teóricos influyentes en este campo de la disciplina, como la Teoría de la Recuperación del Estrés, donde se propone que determinados estímulos ambientales (en particular los asociados con la naturaleza) facilitan procesos automáticos de recuperación emocional tras experiencias estresantes, estudios posteriores han sugerido, sobre esta misma línea, que los entornos naturales favorecen la facilitación de la actividad atencional y promueven la reducción de la fatiga cognitiva (Kaplan, 1995).

En contextos educativos, como los entornos universitarios, la revisión del entorno y su efecto en el estado emocional adquiere una relevancia adicional, dado que, los estudiantes están expuestos a múltiples exigencias académicas, cognitivas y sociales que pueden contribuir a que presenten niveles elevados de estrés académico, el cual se ha asociado con síntomas de ansiedad y depresión, así como manifestaciones de agotamiento emocional y menor rendimiento académico, influyendo en un mayor riesgo para la salud mental a medio y largo plazo (Beiter et al., 2015; Stallman, 2008, 2010). Se ha reportado de manera consistente que factores como la carga de trabajo, la presión de rendimiento, la evaluación continua y la incertidumbre sobre las trayectorias profesionales futuras contribuyen en que los estudiantes universitarios sean una población particularmente vulnerable al malestar psicológico (Beiter et al., 2015; Pascoe et al., 2020; World Health Organization [WHO], 2022).

En este sentido, las características del entorno físico en el que se desarrollan las actividades académicas adquieren una relevancia fundamental, dado que, tanto las aulas, las bibliotecas y los espacios de estudio no son entornos neutrales, sino entornos diseñados con el objetivo de incidir en las experiencias diarias del aprendizaje, desde una postura tradicional. Es así, que variables como la iluminación natural, el confort ambiental, el control del ruido y, en particular, las vistas al exterior que pueden contribuir en el desempeño de procesos cognitivos como la atención, la sensación de bienestar y la percepción del entorno educativo, no están pensadas considerando que el diseño arquitectónico desempeña un papel activo en la mediación del estrés académico (Beiter et al., 2015; Barrett et al., 2015; Tennessen y Cimprich, 1995), por tanto, contemplar las vistas naturales desde los espacios del aprendizaje académico promoverá un menor manejo de los recursos cognitivos y regulación de los estados emocionales. En este sentido, y a pesar de las evidencias, una parte significativa de las investigaciones en arquitectura continúa enfocada en comparaciones generales entre los entornos naturales y urbanos, sin considerar las variaciones específicas en la composición del paisaje ni sus características locales.

Es importante destacar que una gran cantidad de estudios empíricos se han realizado en contextos culturales y ubicaciones geográficas determinadas, principalmente en Europa y Estados Unidos de América (Li y Sullivan, 2016; Pan American Health Organization [PAHO], 2021), mientras que la investigación empírica centrada en el análisis de las relaciones entre el paisaje, la emoción y el entorno construido en contextos latinoamericanos sigue siendo limitada (Arango et al., 2018). Esta situación impacta en la generalización de sus hallazgos hacia otras regiones, generando brechas de conocimiento que realzan la necesidad de realizar estudios que aborden otras ubicaciones geográficas y entornos culturales variados. Además, las investigaciones previas rara vez han examinado cómo las composiciones del paisaje específico modulan las respuestas emocionales cuando están medidas por elementos arquitectónicos como las ventanas, en lugar de analizar las distinciones generales entre lo natural y lo urbano.

Por tanto, estudiar la composición arquitectónica y su vínculo con disciplinas como la psicología ambiental en forma experimental, puede verse beneficiado de herramientas como la realidad virtual (RV) que permite la simulación controlada de entornos visuales complejos con alta validez ecológica. La RV es una herramienta poderosa, que, a diferencia de los estímulos visuales tradicionales, permite la manipulación precisa de variables ambientales, sin necesidad de desplazar al participante, mientras que se expone a una percepción espacial realista, incluyendo profundidad, escala y campo de visión. Estudios que han utilizado esta herramienta han reportado que las respuestas perceptivas en entornos virtuales pueden aproximarse mucho a las observadas en entornos reales, lo que respalda la validez de la RV como plataforma metodológica para el estudio de la percepción visual y la experiencia ambiental (Abd-Alhamid et al., 2019)

Adicionalmente, los sistemas de RV inmersiva facilitan una sensación de presencia muy fuerte, definida como la ilusión perceptiva de “estar ahí”, que puede generar respuestas emocionales y fisiológicas auténticas incluso cuando los participantes son conscientes de la naturaleza artificial del entorno (Slater, 2018; Slater y Sanchez-Vives, 2016). Esta capacidad de evocar respuestas experienciales realistas, mientras que se mantiene el control

experimental, posiciona a la RV como una herramienta particularmente valiosa para la investigación de variables arquitectónicas como el impacto emocional y la percepción de los ambientales y entornos al ofrecer una oportunidad única para aislar y examinar la influencia de características específicas del paisaje, tal como se perciben a través de elementos arquitectónicos como las ventanas, en las respuestas emocionales (Browning et al., 2020; Yin et al., 2019).

Estos enfoques experimentales donde se vincula la arquitectura con la psicología son particularmente valiosos, ya que permiten la integración de evaluaciones subjetivas de la experiencia emocional, e incluso llegando a considerar mediciones fisiológicas, un área pionera conocida como Neuroarquitectura (Slater y Sanchez-Vives, 2016; Yin et al., 2019). Desde esta perspectiva, investigaciones previas han mostrado el potencial de la RV inmersiva como herramienta metodológica para investigar las respuestas humanas a estímulos ambientales incluyendo mediciones fisiológicas (Abd-Alhamid et al., 2019; Slater, 2018; Slater y Sanchez-Vives, 2016).

La mayoría de los estudios revisados hasta la fecha, se centran en paradigmas de inducción emocional muy generales, o utilizan contextos no arquitectónicos (Slater, 2018; Yin et al., 2019), en lugar de entornos mediados por elementos arquitectónicos como la ventana. Es por eso que el presente estudio, es uno de los primeros en vincular la percepción de estados emocionales con los elementos arquitectónicos, ya que hasta la fecha no se han encontrado estudios empíricos similares en el contexto mexicano, y la literatura disponible se limita en gran medida a la revisión conceptual, lo que pone de manifiesto una brecha crítica entre la teoría y la evidencia empírica, por este motivo en el estudio se propone la integración sistemática de simulaciones virtuales de vistas de ventanas arquitectónicas, exposición al paisaje a través de RV y la evaluación de la respuesta emocional en una muestra de estudiantes universitarios.

La brecha identificada, limita la comprensión que se tiene actualmente de cómo la composición del paisaje dentro de los campus universitarios puede influir en el bienestar emocional y la experiencia académica cotidiana de los estudiantes. Por ende, al abordar esta cuestión, de los estudiantes universitarios, se alinea con los ejes identificados por la PAHO (2021) y la WHO (2022) desde una perspectiva de la salud mental, y poder identificar estrategias de diseño basadas en evidencia que favorezcan la recuperación emocional y la reducción del estrés puede contribuir al desarrollo de entornos educativos más saludables y receptivos.

En este marco, el objetivo general del presente estudio es examinar cómo diferentes tipos de paisaje, observados a través de una ventana virtual, influyen en la experiencia emocional de los estudiantes universitarios. Para ello, se consideraron las respuestas afectivas en relación con tres paisajes que representan contextos locales de Baja California (azul-marítimo [Ensenada], verde-vegetativo [Mexicali] y café-árido [Tijuana]), presentados mediante entornos inmersivos de realidad virtual.

Método

Participantes

Para esta investigación, participaron 88 estudiantes de arquitectura de la Universidad Autónoma de Baja California – FCITEC, campus Valle de las Palmas, una universidad pública de Tijuana, México. La muestra estuvo compuesta por 39 mujeres y 49 hombres, con una edad promedio de 20.84 años ($DE = 2.10$; rango de edad = 18-27 años). El estudio se realizó de acuerdo con las normas éticas institucionales.

Los participantes fueron reclutados mediante un muestreo por conveniencia. Las invitaciones se distribuyeron a través de redes sociales, contacto directo con los estudiantes y visitas presenciales a las aulas de los estudiantes de pregrado, con la autorización previa de los profesores del curso. Se evaluó la elegibilidad de los estudiantes interesados antes de participar. A quienes no cumplieron con los criterios de inclusión se les informó por correo electrónico y se les agradeció su interés.

Los criterios de inclusión fueron: (a) ser estudiante de arquitectura, (b) visión normal o corregida a la normalidad, (c) ausencia de afecciones neurológicas o psiquiátricas autodeclaradas, y (d) ser diestro. Los criterios de exclusión incluyeron antecedentes de epilepsia o trastornos convulsivos, traumatismo craneoencefálico previo o traumatismo craneoencefálico significativo, ser fotosensible, uso actual de antidepresivos o psicofármacos, consumo de alcohol o drogas en las 24 horas previas a la participación, haberse privado del sueño durante 24 horas o más antes de la participación y cualquier afección que pudiera interferir con la percepción visual, la evaluación emocional o la exposición a la realidad virtual.

Todos los participantes dieron su consentimiento informado por escrito antes de participar y completaron voluntariamente la evaluación emocional. Los procedimientos de aprobación ética y consentimiento se describen en la sección de Consideraciones Éticas.

Diseño del estudio

El estudio empleó un diseño experimental intrasujeto para examinar los efectos del tipo de paisaje en las respuestas emocionales de estudiantes universitarios. Cada participante estuvo expuesto a múltiples condiciones de paisaje, lo que permitió la comparación directa de las respuestas afectivas en diferentes entornos, controlando la variabilidad individual. La variable independiente fue el tipo de paisaje, operacionalizado en tres categorías que representan contextos ambientales localizados: paisajes azul-marítimo, verde-vegetativo y café-árido. Estos paisajes se presentaron como entornos virtuales inmersivos de 360° que simulaban vistas arquitectónicas desde ventanas. Las variables dependientes fueron el afecto positivo y el afecto negativo, evaluados tras la exposición a cada paisaje.

Se utilizó un orden de presentación compensado para minimizar los posibles efectos de orden y arrastre. El estudio se diseñó para evaluar las respuestas emocionales a corto plazo generadas por la exposición visual a diferentes composiciones de paisaje en condiciones experimentales controladas. Si bien se recopilaron datos fisiológicos como parte del

protocolo de investigación más amplio, el presente manuscrito se centra en las respuestas emocionales autoinformadas debido a su relevancia directa para el diseño arquitectónico y los resultados relacionados con el estrés.

Entornos virtuales y estímulos

Se crearon tres estímulos visuales panorámicos de 360° para representar los tipos de paisaje comúnmente asociados con entornos costeros e interiores del noroeste de México. Los estímulos se capturaron con una cámara Ricoh Theta de 360 grados y se presentaron como entornos virtuales inmersivos que simulaban vistas arquitectónicas desde ventanas, lo que permitió a los participantes percibir cada paisaje desde una posición fija en condiciones visuales controladas.

Los paisajes se seleccionaron para reflejar contextos ambientales cualitativamente distintos, en lugar de representar proporciones cromáticas o espaciales precisas. No se realizó ningún análisis cuantitativo de la distribución del color (p. ej., porcentaje de azul, verde o café), elementos construidos o componentes del paisaje. En su lugar, los estímulos se definieron en función de su carácter visual general, las características ambientales dominantes y los atributos paisajísticos comúnmente reconocidos, en consonancia con los enfoques utilizados en estudios previos de percepción ambiental.

Paisaje azul (Ensenada)

El paisaje azul representa un entorno visual costero caracterizado por un horizonte abierto orientado hacia el océano Pacífico. La escena incluye una gran proporción de cielo visible, vistas a larga distancia y alta luminosidad. En primer plano y en segundo plano, el paisaje incorpora un campo deportivo y elementos construidos dispersos, lo que introduce una complejidad visual moderada sin obstruir la apertura del horizonte. La combinación del dominio del cielo, la presencia de agua a lo lejos y las vistas sin obstáculos contribuyen a una sensación de apertura espacial y continuidad visual típicamente asociada con los entornos marítimos.

Paisaje verde (Mexicali)

El paisaje verde corresponde a un entorno con vegetación, similar a un parque, ubicado en un contexto urbano-universitario. La escena está dominada por árboles, palmeras, suelo cubierto de pasto y vegetación estratificada, lo que produce un entorno visualmente rico con texturas naturales pronunciadas, sombras y señales de profundidad. En comparación con el paisaje azul, este entorno presenta un mayor grado de espacio cerrado debido a la presencia vertical de la vegetación, a la vez que permite vistas parciales de los edificios circundantes al fondo. La composición visual general refleja un entorno naturalista comúnmente asociado con señales restauradoras y biofílicas.



Figura 1. Estímulos de ventana virtual presentados en formato inmersivo de 360°. (a) azul-marítimo (Ensenada), (b) verde-vegetado (Mexicali) y (c) café-árido (Tijuana).

Paisaje árido (Tijuana)

El paisaje árido representa un entorno seco y semidesértico caracterizado por suelo expuesto, rocas, vegetación escasa y una paleta cromática predominantemente café.

La escena presenta alta exposición solar, poca sombra y mínima densidad biológica. Los elementos naturales se distribuyen irregularmente a lo largo del terreno, con rocas dispersas y arbustos bajos que contribuyen a un entorno visualmente austero. La ausencia de vegetación densa y el predominio de superficies de suelo seco reflejan condiciones ambientales asociadas con la aridez y una menor complejidad natural.

En conjunto, estos tres paisajes virtuales proporcionaron condiciones visuales contrastantes que difieren en términos de apertura, densidad de vegetación, predominio cromático y carácter ambiental. Presentados como vistas arquitectónicas simuladas desde una ventana, los estímulos permitieron examinar cómo los distintos tipos de paisaje cualitativamente influyen en las respuestas emocionales en condiciones experimentales inmersivas pero controladas.

Procedimiento

Después de haber hecho la invitación por redes sociales para el reclutamiento y la posterior selección de los participantes que cumplieron con los requerimientos de selección, se les envió por correo electrónico detalles para agendar su visita y la ubicación del laboratorio. Los participantes idóneos programaron una sesión individual en las instalaciones de la universidad.

A su llegada, se les dio la bienvenida y se les entregó un formulario de consentimiento informado, que leyeron y firmaron antes del inicio del experimento. A continuación, se les sentó cómodamente, se les proporcionó una mascarilla tipo antifaz para proteger la piel, se ajustó el equipo de realidad virtual para asegurar un ajuste adecuado y claridad visual, y se les dieron instrucciones sobre cómo operar los controles en el entorno virtual. Las sesiones se llevaron a cabo bajo condiciones controladas de iluminación, olores y ruido en interiores.

El equipo que se utilizó para la representación virtual fue:

- Laptop ASUS ROG Strix G18 (2024) G814, Intel Core i9, 18" QHD 240Hz, 32 GB RAM, 64-bit, GEFORCE Nvidia RTX 4080 16 GB, 2TB SSD, sistema operativo Windows 11, paquetería Microsoft Office 365. El entorno virtual fue creado usando AutoCAD 2020, Blender 3.5, UNITY 2022.2
- Equipo de realidad virtual HTC VIVE Eye Pro, resolución de 1440 x 1600 píxeles por ojo, frecuencia de actualización 90 Hz, campo de visión 110°, 2 sensores base SteamVR Tracking 2.0, 2 controles, cables para la interconexión y energía.
- 2 tripies de 8' (2.44m, para sensores base 2.0)
- Amazon Fire tablet 8" 32GB (tableta para firmar consentimiento informado)
- Mascarillas tipo antifaz (para protección de contaminación biológica)

- Guantes de neopreno
- Atomizador con solución de Lysol y toallas de microfibra para limpiar el equipo después de cada uso.
- EMOTIV Epoc X, equipo portátil de uso en seco con 14 canales y 2 referencias, sampleo 128/256Hz, configuración 10-20, cables y antena Bluetooth (cada canal o electrodo lleva una felpa húmeda en solución salina que hace contacto con la piel).

La unidad de análisis correspondió a la respuesta emocional de cada participante tras la exposición a cada condición del paisaje. Los datos capturados al ejecutar el PANAS, se archivaron en hojas de cálculo de Google, posteriormente se procesaron en las hojas de cálculo Excel de Microsoft OFFICE 365 para facilitar el manejo y posteriormente realizar análisis estadísticos.

Para todo el análisis estadístico se usó RStudio 4.5.2 (Posit team, 2025).

Previo al experimento se implementaron medidas de higiene para garantizar la seguridad de los participantes a quienes se les proporcionó una mascarilla protectora desechable para usar con el visor de realidad virtual, de igual forma el equipo de RV se limpió y desinfectó después de cada sesión, siguiendo los protocolos de higiene institucionales para prevenir la contaminación biológica y garantizar un uso seguro entre los participantes.

Al iniciar el procedimiento experimental, cada uno de los participantes registró sus iniciales al inicio de su participación como clave única y registró las respuestas de cada sesión. Tras el registro, completaron una breve tarea de interfaz cognitiva diseñada para inducir la carga cognitiva y la demanda atencional; esta tarea consistió en el paradigma de Stroop (1935), ampliamente utilizado para generar estrés cognitivo en entornos experimentales. Esta tarea se administró para establecer una línea base común de activación cognitiva antes de la presentación de los estímulos de la ventana virtual.

Cada participante fue expuesto a tres condiciones o paisajes virtuales inmersivos de 360°, que fueron presentados como vistas simuladas de ventanas arquitectónicas (se replicó un aula típica en 3D). El orden de presentación de los paisajes se equilibró entre los participantes para controlar los posibles efectos de orden y arrastre. Se les indicó a los participantes que permanecieran sentados, mantuvieran una postura de visión natural y que observaran atentamente cada entorno virtual. El procedimiento experimental siguió un diseño de medidas repetidas en el que los participantes fueron expuestos a tres paisajes virtuales inmersivos presentados como vistas de ventanas arquitectónicas en orden aleatorio, y se realizó una evaluación emocional después de cada exposición.

Cada paisaje se presentó durante un tiempo fijo de 10 segundos en condiciones controladas. Tras la exposición a cada paisaje, los participantes completaron una autoevaluación emocional mediante el Programa de Afectos Positivos y Negativos (PANAS). Las respuestas se registraron dentro del entorno virtual mediante controladores portátiles (controles), lo que permitió a los participantes informar su estado emocional inmediatamente después de cada exposición.

Se registraron datos fisiológicos simultáneamente como parte de un protocolo experimental más amplio, sin embargo, el presente manuscrito se centra exclusivamente en las respuestas emocionales autoinformadas, dada su relevancia directa para las consideraciones de diseño arquitectónico y los resultados relacionados con el estrés.

Al completar las tres condiciones experimentales, se retiró el equipo, se respondieron preguntas, dudas e inquietudes de los participantes y se les agradeció su participación. La sesión experimental completa duró aproximadamente entre 25 y 30 minutos por participante.

Posteriormente se revisó la hoja de cálculo donde se capturaron todos los registros de los participantes y se detectó cada patrón de participación para identificar las respuestas para cada uno de los tres paisajes presentados, una vez que se organizaron los datos por ciudad se cuantificaron las respuestas positivas y negativas para tener los totales con los cuales se hará el cálculo y la gráfica correspondiente por ciudad.

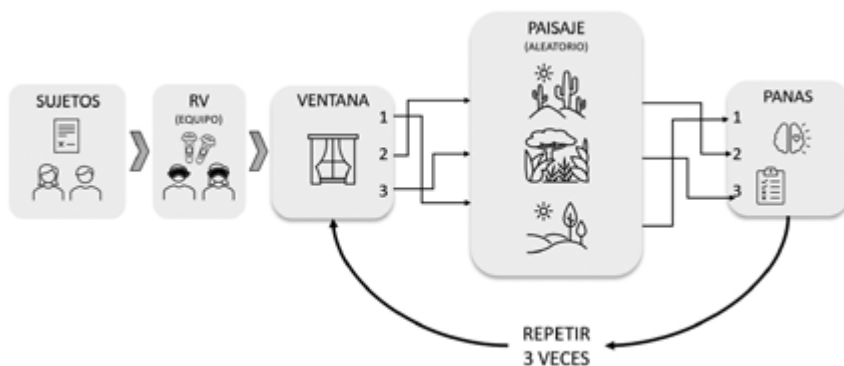


Figura 2. Metodología, representación esquemática del procedimiento experimental. Los participantes fueron expuestos a tres paisajes virtuales inmersivos presentados como vistas de ventanas arquitectónicas en orden aleatorio. Las respuestas emocionales se evaluaron mediante la escala PANAS después de cada exposición.

Medidas

Sistema afectivo positivo y negativo PANAS

Las respuestas emocionales se evaluaron mediante la Escala de Afecto Positivo y Negativo (PANAS), un instrumento de autoinforme ampliamente validado, diseñado para medir dos dimensiones del afecto relativamente independientes: el afecto positivo y el afecto negativo. El PANAS consta de 20 ítems, diez de los cuales evalúan cada dimensión afectiva, calificados en una escala Likert de cinco puntos según la intensidad de los estados afectivos experimentados. El instrumento ha demostrado sólidas propiedades psicométricas, incluyendo alta consistencia interna y validez factorial en diversas poblaciones.

En el presente estudio, se empleó la versión en español del PANAS validada para población mexicana, en esta versión conserva la estructura bifactorial original y ha demostrado una adecuada confiabilidad, validez convergente y estabilidad temporal en muestras de adultos y universitarios, lo que respalda su uso para la evaluación de estados emocionales en el contexto mexicano. (Robles y Páez, 2003)

Las calificaciones del PANAS se recopilaron diez (10) segundos después de la exposición a cada paisaje virtual, lo que permitió evaluar la respuesta emocional a corto plazo generadas por los estímulos visuales. Conforme se realizaba la exposición a las tereas experimentales, se registró en forma simultánea la señal eléctrica cerebral por medio de electroencefalograma (EEG) con el equipo EMOTIV de 14 canales, como parte de un protocolo experimental más amplio. Los datos de EEG se recopilaron para caracterizar la actividad neuronal durante la sesión experimental; sin embargo, el presente manuscrito se centra exclusivamente en las respuestas emocionales autoinformadas, dada su relevancia directa para el diseño arquitectónico y los resultados percibidos de la restauración. Por lo tanto, los registros de EEG no se analizan ni se informan en el presente estudio y se abordarán en trabajos posteriores.

Consideraciones éticas

El estudio se realizó de conformidad con los principios éticos establecidos en la Declaración de Helsinki (puntos 25 a 32) de la World Medical Association (2013) y sus modificaciones posteriores. El protocolo de investigación fue revisado y aprobado por el comité de ética interno de la Universidad Autónoma de Baja California, FCITEC, Valle de las Palmas, Tijuana, México. Todos los participantes fueron informados sobre los objetivos y procedimientos del estudio y otorgaron su consentimiento informado por escrito antes de participar. La participación fue voluntaria y se garantizó el anonimato y la confidencialidad de los datos durante todo el proceso de investigación.

Análisis estadístico

Se realizaron análisis estadísticos para examinar las diferencias en las respuestas emocionales en las tres condiciones de paisaje. Las puntuaciones de afecto positivo y negativo derivadas del PANAS se consideraron variables dependientes.

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de medidas repetidas 2x3, considerando la dimensión del afecto (positiva vs. negativa) y el tipo de paisaje (azul-marítimo [Ensenada], verde-vegetado [Mexicali], café-árido [Tijuana]) como factores intraindividuales. Este enfoque permitió evaluar los efectos principales y los efectos de interacción, considerando la variabilidad interindividual.

Cuando se observaron efectos significativos, se realizaron comparaciones post-hoc mediante la corrección de Bonferroni para controlar las comparaciones múltiples. Se examinaron y visualizaron estadísticas descriptivas mediante tablas y gráficos para ilustrar los perfiles emocionales de cada condición del paisaje.

Todos los análisis estadísticos se realizaron con RStudio 4.5.2

Resultados

Estadística descriptiva

Los 88 participantes completaron el protocolo experimental; El experimento se realizó 123 veces, de las cuales 35 se excluyen del análisis debido a problemas técnicos e impedancia. Las puntuaciones de afecto positivo fueron más altas para el paisaje azul de Ensenada ($M = 34.08$), seguidas de cerca por el paisaje verde de Mexicali ($M = 33.06$), mientras que el paisaje árido de Tijuana presentó valores sustancialmente más bajos ($M = 27.66$). El afecto negativo mostró el patrón inverso: Ensenada ($M = 13.23$) y Mexicali ($M = 12.61$) produjeron un afecto negativo menor que Tijuana ($M = 16.54$).

Tabla 1. Estadísticos descriptivos del afecto positivo y negativo por ciudad.

Ciudad	Afecto	Media	D.E.	Mediana
Ens	Negativo	13.232	4.181	11
Ens	Positivo	34.080	7.585	35
Mxl	Negativo	12.607	3.573	11
Mxl	Positivo	33.063	6.789	33
Tj	Negativo	16.545	6.559	14
Tj	Positivo	27.661	8.419	28

ANOVA factorial (2×3)

El ANOVA 2×3 reveló un fuerte efecto principal del Afecto, $F(1, N) = 1033,08$, $p < 0,001$, lo que indica claras diferencias entre las puntuaciones de afecto positivo y negativo. El efecto principal de Paisaje/Ciudad no fue significativo a nivel convencional, $F(2, N) = 2,426$, $p = 0,09$. Sin embargo, se observó una interacción significativa entre Afecto y Paisaje, $F(2, N) = 32,399$, $p < 0,001$, lo que demuestra que la diferencia entre afecto positivo y negativo depende en gran medida del tipo de paisaje observado.

Tabla 2. Resumen del ANOVA para la interacción entre afecto y paisaje.

Variables	g. l.	Suma cuadrados	Media Cuadrática	F	Significancia
Ciudad	2	190.470	95.235	2.426	0.09
Afecto	1	40547.593	40547.593	1033.082	<0.001
Ciudad/Afecto	2	2543.288	1271.644	32.399	<0.001
Total	522	20488.057	39.249		

Comparación por pares y visualización

Las comparaciones por pares indicaron que el contraste entre el afecto positivo y negativo fue significativo para los tres paisajes ($p < 0,001$ en todos los casos), pero la magnitud de este contraste varió según la ciudad. La mayor diferencia se observó en Ensenada, seguida de cerca por Mexicali, mientras que Tijuana mostró una brecha menor entre el afecto positivo y negativo, en consonancia con su perfil restaurador más bajo.

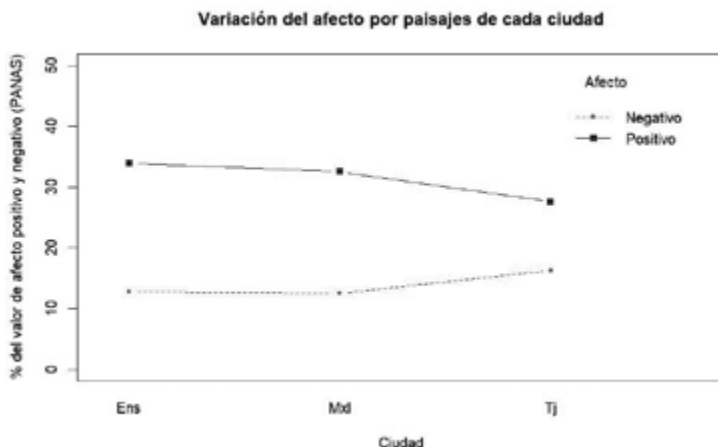


Figura 3. Puntuaciones de afecto positivo y negativo para cada condición del paisaje.

Tabla 3. Comparaciones por pares entre el afecto positivo y negativo dentro de cada ciudad.

Ciudad	Afectos	g. l.	Estadístico	p. ajustada
Ensenada	Negativo/Positivo	522	-22.415	<0.001
Mexicali	Negativo/Positivo	522	-21.236	<0.001
Tijuana	Negativo/Positivo	522	-12.020	<0.001

Discusión

Los hallazgos muestran que la composición del paisaje influye significativamente en las respuestas emocionales de los estudiantes universitarios. En la muestra de estudiantes los paisajes azules y verdes generaron un mayor afecto positivo y un menor afecto negativo en comparación con el entorno árido, estos hallazgos son consistentes con las teorías de preferencia ambiental ya que sostiene que ciertas cualidades ambientales como espacios abiertos, suaves o áreas con maleza, evocan diferentes respuestas emocionales. (Kaplan et al., 1989). La teoría sobre la reducción del estrés de Ulrich (1991, 2023) detalla información consistente sobre cómo la exposición a la naturaleza reduce el estrés fisiológico y psicológico, mejorando las funciones cognitivas y el rendimiento. Por otro lado, la teoría de la recuperación de la atención (Kaplan & Kaplan, 1989) propone que los entornos naturales restauran la atención o fatiga cognitiva a través de la fascinación y el alejamiento de estímulos demandantes. Este proceso complementa la reducción del estrés Ulrich y contribuye a explicar la preferencia humana por ambientes naturales.

El paisaje marítimo azul de Ensenada, con su horizonte abierto y la presencia del agua, fue el más reparador, seguido de cerca por el paisaje verde y vegetado de Mexicali. En contraste, el paisaje árido de Tijuana mostró menores beneficios emocionales y un mayor afecto negativo, a diferencia de lo que afirma Yin (et al., 2022), de acuerdo con su investigación, sugiere que hay un efecto positivo y recuperador del estrés, desafiando teorías psicológicas como la teoría de la sabana, ya que esta indica que los ambientes con agua y vegetación serían los más beneficiosos para la recuperación del estrés. (Rathmann, et. al., 2022)

Estos hallazgos coinciden con los resultados de Brooks et al. (2017) donde se contrastaron los resultados adquiridos en el invierno canadiense, ya que los estudios previos se lograron mayormente en verano y los resultados del afecto positivo fueron mayores cuando los alumnos universitarios tuvieron contacto directo con la naturaleza, dando un paseo por la nieve y el afecto negativo fue menor que en los entornos urbanos. Por otro lado, el hacer contacto con la naturaleza, caminar o simplemente la contemplación fueron más efectivos en la mejora del afecto positivo; estos resultados indican que el contacto será mejor que

ver imágenes de naturaleza, pero estas imágenes tienen mejores resultados que las imágenes de contextos urbanos.

En un contexto totalmente diferente caliente y árido como en el estado de Texas, Estados Unidos, McFarland (2008) dio a conocer los resultados al investigar la relación de los estudiantes, el uso de las áreas verdes y la percepción en la calidad de vida; sin importar el sexo o etnicidad, los alumnos tienden a ser más felices y experimentan efectos fisiológicos y psicológicos positivos cuando tienen acceso a entornos naturales incluyendo vistas de vegetación y montañas cercanas, el diseño paisajístico contribuye a solidificar la identidad universitaria y esta apariencia general del campus con áreas vegetadas es un factor significativo para elegir estudiar en esa universidad.

Desde el punto de vista arquitectónico, estos resultados sugieren que la orientación de las ventanas, la planificación del paisaje y el diseño visual del campus pueden desempeñar un papel significativo en el bienestar emocional y la mitigación del estrés académico. Utilizar simuladores de realidad virtual de 360° presentadas en forma de vistas de ventanas arquitectónicas ilustra un método práctico para evaluar posibles decisiones de diseño antes de su implementación en entornos construidos.

Hasta el momento no se han encontrado otros estudios similares en el contexto mexicano, por tanto esta investigación empírica que combina simulaciones de paisaje basadas en realidad virtual, evaluación emocional con PANAS y monitorización EEG dentro de un contexto arquitectónico en México, que a diferencia de los estudios previos encontrados en la literatura, donde se utilizaron únicamente imágenes estáticas o en la exposición ambiental general, el presente trabajo aísla la ventana arquitectónica como un dispositivo mediador, lo que permite una evaluación controlada de la composición del paisaje dentro de un contexto inmersivo.

Conclusión

En conclusión, los paisajes azules y verdes, expuestos a través de ventanas arquitectónicas virtuales, mejoraron significativamente el bienestar emocional de los participantes en comparación con la exposición a entornos áridos. Estos hallazgos resaltan la importancia de la composición del paisaje en los campus universitarios y sugieren que las decisiones arquitectónicas relativas a la ubicación de las ventanas y las vistas exteriores pueden influir de manera significativa en los estados emocionales y la recuperación del estrés en los estudiantes. La integración de la psicología ambiental, la neuroarquitectura y las herramientas de evaluación basadas en realidad virtual ofrece una vía prometedora para el diseño basado en la evidencia en entornos educativos.

Estos hallazgos refuerzan el papel de la arquitectura como mediadora activa de la experiencia emocional, destacando la ventana no solo como una abertura pasiva, sino como una interfaz crucial que moldea la interacción entre el ser humano y el entorno. La integración de la realidad virtual inmersiva y la psicología ambiental ofrece una sólida metodología para el diseño arquitectónico basado en la evidencia.

Limitaciones

Este estudio presentó diversas limitaciones. En primer lugar, la muestra se conformó por estudiantes de arquitectura de un solo campus de la universidad, lo que podría restringir su generalización. En segundo lugar, las respuestas emocionales se midieron mediante autoinformes, que podrían estar sujetas a sesgos. En tercer lugar, el estudio no incluyó condiciones de exposición en el mundo real para su comparación.

Futuras líneas de investigación

Las investigaciones futuras pueden considerar integrar el análisis de marcadores fisiológicos para examinar las correlaciones al explorar diferentes configuraciones arquitectónicas y contextos culturales.

Referencias

- Abd-Alhamid, F., Kent, M., Bennett, C., Calautit, J., & Wu, Y. (2019). *Developing an innovative method for visual perception evaluation in a physical-based virtual environment*. Building and Environment, 162, Article 106278. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106278>
- Arango, C., Díaz-Caneja, C. M., McGorry, P. D., Rapoport, J., Sommer, I. E., Vorstman, J. A., McDaid, D., Marín, O., Serrano-Drozdowskyj, E., Freedman, R., & Carpenter, W. T. (2018). *Preventive strategies for mental health*. The Lancet Psychiatry, 5 (7), 591–604. [https://doi.org/10.1016/S2215-0366\(18\)30057-9](https://doi.org/10.1016/S2215-0366(18)30057-9)
- Barrett, P., Zhang, Y., Moffat, J., & Kobbacy, K. (2015). *A holistic, multi-level analysis identifying the impact of classroom design on pupils' learning*. Building and Environment, 89, 118–133. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.02.013>
- Beiter, R., Nash, R., McCrady, M., Rhoades, D., Linscomb, M., Clarahan, M., & Sammut, S. (2015). *The prevalence and correlates of depression, anxiety, and stress in a sample of college students*. Journal of Affective Disorders, 173, 90–96. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2014.10.054>
- Brooks, A. M., Ottley, K. M., Arbuthnott, K. D., & Sevigny, P. (2017). Nature-related mood effects: Season and type of nature contact. *Journal of Environmental Psychology*, 54, 91–102. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2017.10.004>
- Browning, M. H. E. M., Mimnaugh, K. J., van Riper, C. J., Laurent, H. K., & LaValle, S. M. (2020). *Can simulated nature support mental health?* *Frontiers in Psychology*, 10, Article 2667. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02667>
- Kaplan, R., y Kaplan, S. (1989). *The experience of nature: A psychological perspective*. Cambridge University Press.
- Kaplan, R., Kaplan, S., Brown, T. (1989). Environmental preference: A comparison of four domains of predictors. *Environment and Behaviour*. 21 (5) 509-530.

- Kaplan, S. (1995). The restorative benefits of nature: Toward an integrative framework. *Journal of Environmental Psychology*, 15 (3), 169–182. [https://doi.org/10.1016/0272-4944\(95\)90001-2](https://doi.org/10.1016/0272-4944(95)90001-2)
- Li, D., y Sullivan, W. C. (2016). *Impact of views to school landscapes on recovery from stress and mental fatigue*. *Landscape and Urban Planning*, 148, 149–158. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.12.015>
- McFarland, A.L., Waliczek, T.M., Zajicek, J.M. (2008). The relationship between student use of green spaces and perceptions of quality of life. *HortTechnology*, 18(2), 232–238.
- Norberg-Schulz, C. (1980). *Genius loci: Towards a phenomenology of architecture*. Rizzoli.
- Pallasmaa, J. (2014). *Los ojos de la piel: La arquitectura y los sentidos* (Moisés Puente y Carles Muro, Trad.) (2.ª ed.). Editorial Gustavo Gili.
- PAHO Pan American Health Organization. (2021). *The burden of mental disorders in the Region of the Americas, 2000–2019*. <https://www.paho.org/en/enlace/burden-mental-disorders>
- Pascoe, M. C., Hetrick, S. E., & Parker, A. G. (2020). The impact of stress on students in secondary school and higher education. *International Journal of Adolescence and Youth*, 25 (1), 104–112. <https://doi.org/10.1080/02673843.2019.1596823>
- Posit team (2025). *RStudio: Integrated Development Environment for R*. Posit Software, PBC, Boston, MA. URL <http://www.posit.co/>.
- Rathmann, J., Korpela, K., & Stojakowits, P. (2022). Pleistocene hypothesis: Moving savanna perceptual preference hypothesis beyond savanna. *Frontiers in Psychology*, 13, Article 901799. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.901799>
- Robles, R., y Páez, F. (2003). Estudio sobre la traducción al español y las propiedades psicométricas de las escalas de afecto positivo y negativo (PANAS). *Salud Mental*, 26(1), 69–75.
- Sailer, K., & Pomeroy, R. (2018). *The impact of daylight in workspaces on productivity*. brain-ybirdz. <https://www.beoffices.com/wp-content/uploads/2018/02/DaylightReportBE.pdf>
- Slater, M. (2018). Immersion and the illusion of presence in virtual reality. *British Journal of Psychology*, 109(3), 431–433. <https://doi.org/10.1111/bjop.12305>
- Slater, M., & Sanchez-Vives, M. V. (2016). Enhancing our lives with immersive virtual reality. *Frontiers in Robotics and AI*, 3, Article 74. <https://doi.org/10.3389/frobt.2016.00074>
- Stallman, H. M. (2008). Prevalence of psychological distress in university students: Implications for service delivery. *Australian Family Physician*, 37(8), 673–677.
- Stallman, H. M. (2010). Psychological distress in university students: A comparison with general population data. *Australian Psychologist*, 45(4), 249–257. <https://doi.org/10.1080/00050067.2010.482109>
- Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 18(6), 643–662. <https://doi.org/10.1037/h0054651>
- Tennessen, C. M., & Cimprich, B. (1995). Views to nature: Effects on attention. *Journal of Environmental Psychology*, 15 (1), 77–85. [https://doi.org/10.1016/0272-4944\(95\)90016-0](https://doi.org/10.1016/0272-4944(95)90016-0)
- Ulrich, R. (1984). *View through a window may influence recovery from surgery*. *Science*, 224 (4647), 420–421. <https://doi.org/10.1126/science.6143402>

- Ulrich, R. S., Simons, R. F., Losito, B. D., Fiorito, E., Miles, M. A., & Zelson, M. (1991). Stress recovery during exposure to natural and urban environments. *Journal of Environmental Psychology*, 11 (3), 201–230. [https://doi.org/10.1016/S0272-4944\(05\)80184-7](https://doi.org/10.1016/S0272-4944(05)80184-7)
- Ulrich, R. S. (2023) Stress reduction theory. In D. Marchand, E. Pol & K. Weiss (Eds.), 100 key concepts in environmental psychology (pp. 143-146). New York, NY: Routledge.
- Whyte, W. H. (1980). *The social life of small urban spaces*. Project for Public Spaces.
- WHO World Health Organization. (2022). *Mental health of college students*. WHO.
- World Medical Association. (2013). Declaration of Helsinki: Ethical principles for medical research involving human subjects. *JAMA*, 310 (20), 2191–2194. <https://doi.org/10.1001/jama.2013.281053>
- 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>
- Yin, J., Bratman, G. N., Browning, M. H. E. M., Spengler, J. D., & Olvera-Alvarez, H. A. (2022). Stress recovery from virtual exposure to a brown (desert) environment versus a green environment. *Journal of Environmental Psychology*, 81, 101775. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2022.101775>
- Zumthor, P. (2006). *Atmosferas: Entornos arquitectónicos. Las cosas que me rodean* (M. T. Fernández, Trad.). Editorial Gustavo Gili.

Abstract. This study analyzes how different landscape views—blue (Ensenada), green (Mexicali), and arid brown (Tijuana)—influence the emotional experience of university students. The experiment employed 360° virtual environments presented as simulated architectural window views. Although the experimental protocol included electroencephalography (EEG) to assess alpha and beta activity, this article focuses on emotional responses measured **תועצמאב** the Positive and Negative Affect Schedule (PANAS), due to its direct relevance to architectural design, perceived restoration, and the mitigation of academic stress.

The results revealed clear differences in affective responses across landscape types. Positive affect was highest for the blue landscape of Ensenada ($M = 34.08$), followed closely by the green landscape of Mexicali ($M = 33.06$), while the arid landscape of Tijuana showed substantially lower values ($M = 27.66$). In contrast, negative affect displayed an inverse pattern: Ensenada ($M = 13.23$) and Mexicali ($M = 12.61$) showed lower negative affect compared to Tijuana ($M = 16.54$). A 2×3 factorial ANOVA indicated a significant interaction between landscape type and affect ($F = 32.399$, $p < .001$), demonstrating that differences between positive and negative affect depended strongly on the observed landscape.

These findings suggest that visual access to restorative landscapes, even when mediated through virtual window simulations, can significantly influence emotional well-being. The results highlight the architectural relevance of window orientation, landscape selection, and campus visual design as potential strategies to support stress recovery in university students.

Keywords: environmental psychology - landscape perception - virtual window views - PANAS - neuroarchitecture - virtual reality

Resumo: Este estudo analisa como diferentes vistas de paisagens — azul (Ensenada), verde (Mexicali) e marrom árido (Tijuana) — influenciam a experiência emocional de estudantes universitários. O experimento utilizou ambientes virtuais em 360° apresentados como vistas simuladas de janelas arquitetônicas. Embora o protocolo experimental tenha incluído eletroencefalografia (EEG) para avaliar a atividade alfa e beta, este artigo concentra-se nas respostas emocionais medidas por meio da Escala de Afeto Positivo e Negativo (PANAS), devido à sua relevância direta para o design arquitetônico, a restauração percebida e a mitigação do estresse acadêmico.

Os resultados revelaram diferenças claras nas respostas afetivas entre os tipos de paisagem. O afeto positivo foi mais elevado na paisagem azul de Ensenada ($M = 34,08$), seguido de perto pela paisagem verde de Mexicali ($M = 33,06$), enquanto a paisagem árida de Tijuana apresentou valores substancialmente mais baixos ($M = 27,66$). Em contrapartida, o afeto negativo apresentou um padrão inverso: Ensenada ($M = 13,23$) e Mexicali ($M = 12,61$) mostraram menor afeto negativo em comparação com Tijuana ($M = 16,54$). Uma ANOVA fatorial 2×3 indicou uma interação significativa entre o tipo de paisagem e o afeto ($F = 32,399$; $p < 0,001$), demonstrando que as diferenças entre afeto positivo e negativo dependem fortemente da paisagem observada.

Esses achados sugerem que o acesso visual a paisagens restauradoras, mesmo mediado por simulações virtuais de janelas, pode influenciar significativamente o bem-estar emocional. Os resultados destacam a relevância arquitetônica da orientação das janelas, da seleção da paisagem e do desenho visual do campus como estratégias potenciais para apoiar a recuperação do estresse em estudantes universitários.

Palavras-chave: psicologia ambiental - percepção da paisagem - vistas virtuais de janelas - PANAS - neuroarquitetura - realidade virtual

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

Eduardo S. Rocha. Doctorante en Arquitectura Urbanismo y Diseño por la Universidad Autónoma de Baja California. Maestro en Arquitectura de Interior por la Escuela Superior de Artes Visuales. Actualmente se desempeña como Profesor de Asignatura en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología de la UABC, Unidad Valle de las Palmas, Tijuana. Su línea de investigación aborda la integración de la arquitectura con los procesos cognitivos, respuesta emocional y fisiológica con RV inmersiva.

Antonio García-Anacleto. Doctor en Psicología en el área de Neurociencias del Comportamiento por la UNAM. Actualmente se desempeña como Profesor de Tiempo Completo en la Facultad de Ciencias de la Salud de la UABC, Unidad Valle de las Palmas, Tijuana.

Sus líneas de investigación abordan la adaptación de pruebas psicométricas y el diseño de tareas experimentales para su aplicación virtual, enfocándose en el estudio de la atención, las funciones ejecutivas y la cognición social, así como en la evaluación y rehabilitación neuropsicológica.

José Francisco Armendáriz-López. Doctor en Ciencias por la Universidad Autónoma de Baja California. Actualmente se desempeña como Profesor de Tiempo Completo en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología de la UABC, Unidad Valle de las Palmas, Tijuana. Sus líneas de investigación son Habitabilidad ambiental (calidad del ambiente interior), Eficiencia energética en la edificación y Análisis de ciclo de vida.

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), fotoperiodo, 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 autónomico 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 seleccionados 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.

Fundamentos neurocientíficos de diseño terapéutico para personas con demencia

María Elena Avale⁽¹⁾

Resumen: El aumento sostenido de la prevalencia de demencias plantea nuevos desafíos que trascienden el ámbito clínico y alcanzan el diseño de los entornos construidos. Desde la neurociencia, la percepción del espacio, la navegación y la regulación emocional emergen de la actividad coordinada de circuitos neuronales que integran información sensorial, memoria y estados internos. En las enfermedades neurodegenerativas, la disrupción de estos sistemas —particularmente en regiones como el hipocampo y la corteza entorrinal— compromete la capacidad de construir y actualizar representaciones espaciales, generando desorientación, ambigüedad perceptual y aumento del estrés.

En este contexto, proponemos que el diseño arquitectónico puede entenderse como una forma de modulación externa de circuitos neuronales, capaz de actuar como soporte cognitivo y emocional. A través de principios como la legibilidad espacial, la reducción de la ambigüedad sensorial, la regulación ambiental y la promoción de la autonomía, el entorno puede compensar déficits funcionales y mejorar la calidad de vida. Modelos emergentes en contextos escandinavos validan este enfoque, mostrando que el diseño basado en evidencia puede reducir la carga cognitiva, estabilizar la conducta y favorecer la interacción social. En conjunto, este trabajo posiciona a la arquitectura como una herramienta terapéutica clave en el abordaje de las demencias.

Palabras clave: demencias - neuroarquitectura - percepción espacial - navegación - carga cognitiva - diseño basado en evidencia - entornos terapéuticos - regulación emocional - hipocampo - calidad de vida

[Resúmenes en inglés y portugués en la página 155]

(1) Ver CV en pág. 156

1. Introducción: el entorno como interfaz cerebro–ambiente

El progresivo envejecimiento de la población mundial está incrementando de manera sostenida la prevalencia de demencias, posicionándolas como uno de los principales desafíos sanitarios del siglo XXI. Este fenómeno no solo interpela a los sistemas de salud, sino también a la forma en que concebimos los entornos construidos.

Desde una perspectiva neurocientífica, la arquitectura no es un telón de fondo pasivo, sino una interfaz activa entre el cerebro y el ambiente. El espacio es continuamente procesado por sistemas neurales que integran información sensorial, memoria y emoción para construir una representación interna del entorno. En personas con demencia, esta integración se encuentra comprometida. En este contexto, el diseño deja de ser únicamente funcional para convertirse en una herramienta con potencial terapéutico.

Es importante destacar que estos sistemas no son estáticos: son dinámicos, sensibles y continuamente modulados tanto por estímulos externos —como la luz, el sonido, los colores o la organización espacial— como por estados internos, incluyendo la atención, la emoción y el estrés. En otras palabras, el cerebro no solo percibe el entorno: interactúa activamente con él, lo interpreta y lo reconfigura en función de su estado funcional.

La integridad de las neuronas y la comunicación entre circuitos neuronales son fundamentales para todos los procesos de percepción, navegación espacial y consolidación de memorias. Estos procesos emergen de la actividad coordinada de millones de neuronas que, en respuesta a estímulos internos y externos, generan patrones de actividad eléctrica y liberación de neurotransmisores. Esta dinámica permite no solo la codificación y estabilización de nuevas memorias —como un recorrido o la organización de un espacio— sino también la atribución de valor emocional a los entornos.

Críticamente, esta comunicación ocurre de manera altamente sincronizada y organizada en redes distribuidas. La precisión temporal y espacial de esta actividad es lo que permite construir representaciones coherentes del entorno y del mundo, así como guiar la conducta en función de objetivos concretos, que pueden ser tan simples como ir a la cocina en busca de un vaso de agua o tan complejos como diseñar un espacio arquitectónico o aprender un nuevo recorrido cotidiano.

En este marco, el diseño arquitectónico puede entenderse como una forma de modulación externa de circuitos neuronales, con capacidad de estabilizar —o desorganizar— la experiencia cognitiva del espacio.

2. Déficits en la percepción y navegación del espacio

Cuando los mecanismos neuronales involucrados en la percepción y navegación del espacio se alteran —ya sea por desequilibrios en los sistemas de neurotransmisión, como ocurre en ciertas condiciones neuropsiquiátricas, o por la pérdida progresiva de neuronas y sinapsis, como en las enfermedades neurodegenerativas— se produce un deterioro en la capacidad de percibir, interpretar, consolidar y evocar información. Como consecuencia, el entorno puede volverse ambiguo, impredecible o incluso amenazante.

En el caso de las demencias, este déficit se manifiesta de manera particularmente marcada en la percepción y navegación del espacio. La degeneración de estructuras como el hipocampo y la corteza entorrinal compromete tanto la construcción de mapas cognitivos como la capacidad de actualizar información espacial en tiempo real. La persona pierde progresivamente la habilidad de integrar claves sensoriales con memorias previas, lo que dificulta reconocer lugares, anticipar trayectorias o identificar destinos.

A esto se suma la alteración en circuitos corticales involucrados en el procesamiento visual y atencional, lo que incrementa la ambigüedad perceptual. Elementos del entorno pueden ser mal interpretados o no reconocidos, generando errores en la toma de decisiones durante el desplazamiento. En este contexto, incluso espacios familiares pueden volverse desorientadores.

Desde el punto de vista conductual, estas alteraciones se traducen en desorientación, deambulación errática, evitación de ciertos espacios o dependencia creciente de terceros para actividades básicas. Es importante destacar que estas conductas no responden únicamente a un “déficit cognitivo” abstracto, sino a una experiencia perceptual genuinamente alterada del entorno.

En este sentido, la dificultad no radica solo en “recordar” el espacio, sino en poder construirlo y actualizarlo continuamente a partir de la experiencia. Cuando el cerebro pierde esta capacidad, cada entorno puede convertirse en un desafío cognitivo, aumentando la carga mental y el estrés.

3. Procesamiento sensorial, ambigüedad perceptual y regulación emocional

Desde la neurociencia sabemos que el ambiente físico no es neutro. Los entornos modulan activamente la percepción sensorial, la orientación espacial, la conducta, el estrés y el estado emocional (Zeisel, 2009). En personas con deterioro cognitivo, esta modulación adquiere una relevancia crítica: estímulos que para un cerebro sano son triviales pueden volverse confusos, ambiguos o incluso amenazantes.

En etapas más avanzadas de la demencia, la degeneración de circuitos corticales —particularmente en las vías visuales ventral y dorsal— compromete la capacidad de procesar adecuadamente la información sensorial. Esto incluye una disminución en la sensibilidad al contraste, dificultades en la segmentación figura-fondo y alteraciones en la percepción de profundidad. Como resultado, el entorno deja de ser interpretado de manera estable: una alfombra oscura puede percibirse como un vacío, una sombra como un obstáculo, o una superficie brillante como un elemento incierto o peligroso.

Estas alteraciones no son meramente “errores cognitivos”, sino fallas en la construcción misma de la experiencia perceptual. El cerebro, incapaz de resolver la ambigüedad sensorial, incrementa su nivel de incertidumbre, lo que impacta directamente en los sistemas de regulación emocional. La hiperactivación de circuitos límbicos, junto con una menor capacidad de control cortical, favorece respuestas de miedo, agitación o evitación.

En este contexto, la iluminación adquiere un rol central. La luz no solo modula la percepción visual, sino también la regulación circadiana a través de proyecciones hacia el núcleo

supraquiasmático. La exposición a luz natural, junto con esquemas de iluminación artificial que respeten estos ritmos, mejora el sueño, el nivel de alerta y la estabilidad conductual (Figueiro et al., 2014) . A su vez, evitar sombras abruptas, reflejos intensos y contrastes excesivos reduce la probabilidad de interpretaciones erróneas del entorno.

De manera complementaria, el ambiente acústico y olfativo también contribuye a la regulación emocional. Espacios con alta carga sonora o reverberación pueden saturar sistemas ya vulnerables, generando irritabilidad o desconcierto. En contraste, entornos acústicamente controlados favorecen la calma y la previsibilidad. Por su parte, los estímulos olfativos —debido a su acceso directo a estructuras límbicas— pueden actuar como moduladores emocionales potentes: aromas familiares y suaves pueden evocar recuerdos y generar confort, mientras que olores intensos o inesperados pueden desencadenar respuestas defensivas.

Finalmente, la incorporación de elementos naturales introduce estímulos sensoriales de baja complejidad y alto valor regulador. La evidencia sobre biofilia muestra mejoras en los niveles de estrés, en el estado de ánimo y en la interacción social, particularmente en contextos de envejecimiento y deterioro cognitivo (van Hoof & Kort, 2009) .

Implicancia para el diseño: Reducir la ambigüedad perceptual y modular la carga sensorial del entorno no solo mejora la comprensión espacial, sino que actúa directamente sobre los circuitos emocionales, estabilizando la experiencia del usuario.

4. El entorno como soporte cognitivo: memoria, autonomía y conducta

El deterioro de la memoria espacial y la capacidad de formar nuevas representaciones del entorno obliga a replantear el rol del diseño arquitectónico. En este contexto, el espacio debe funcionar como un sistema de apoyo cognitivo externo, capaz de compensar las limitaciones en la consolidación y recuperación de información.

La degeneración del hipocampo y la corteza entorrinal compromete la capacidad de aprender nuevos recorridos y de actualizar mapas espaciales internos, lo que explica por qué la desorientación aparece tempranamente en enfermedades como el Alzheimer (Harding et al., 2005) . Como consecuencia, la persona depende en mayor medida de claves externas para orientarse.

Aquí, el diseño puede intervenir directamente: entornos altamente legibles, con trayectorias simples y organización clara, reducen la carga cognitiva necesaria para navegar el espacio. Los sistemas de *wayfinding* adquieren un rol central. Señalizaciones que combinan texto, íconos y colores contrastados actúan como prótesis cognitivas, facilitando la orientación incluso en ausencia de memoria interna confiable. La evidencia muestra que los sistemas basados en puntos de referencia significativos disminuyen la desorientación y reducen la ansiedad en personas con demencia (Rodríguez et al., 2020; Wang et al., 2022) . Otro aspecto clave es la preservación de la autonomía. Aunque la memoria episódica se deteriora, otras formas de memoria —como la procedimental— pueden mantenerse relativamente conservadas. Esto implica que, en un entorno adecuado, las personas pueden

seguir realizando actividades cotidianas si el diseño no introduce barreras innecesarias. La visibilidad de los objetos, la organización estable del espacio y el uso de contrastes cromáticos funcionales facilitan la acción sin requerir procesamiento cognitivo complejo. La familiaridad y la previsibilidad son fundamentales. Cambios abruptos en la disposición del espacio o en sus características visuales pueden desestabilizar las representaciones internas ya frágiles, generando confusión y ansiedad. En este sentido, el diseño debe priorizar la consistencia y la coherencia a lo largo del tiempo.

Finalmente, el concepto de “seguridad sin restricción” propone un equilibrio entre protección y autonomía. En lugar de imponer barreras físicas explícitas, que pueden ser percibidas como limitantes, se diseñan circuitos seguros de circulación continua —como recorridos circulares o patios protegidos— que permiten el movimiento libre dentro de límites implícitos.

La evidencia proveniente de modelos innovadores, como las “*dementia villages*” y experiencias escandinavas, muestra que estos principios no solo mejoran la calidad de vida, sino que también pueden reducir la necesidad de medicación psicotrópica y favorecer la interacción social (De Boer et al., 2021; Vladykina et al., 2024).

Implicancia para el diseño: Cuando el cerebro pierde la capacidad de construir y sostener mapas internos, el entorno debe asumir ese rol. Un diseño claro, consistente y significativo puede transformar el espacio en una verdadera extensión funcional de los circuitos cognitivos.

En conjunto, la evidencia sugiere que diseñar para la demencia no implica simplemente adaptar el espacio, sino comprender y acompañar la lógica del cerebro que lo habita: cuando los circuitos internos fallan, el entorno puede —y debe— convertirse en el soporte que restaura coherencia, reduce la incertidumbre y sostiene la experiencia de habitar el mundo.

5. Modelos emergentes: validación del enfoque neuroarquitectónico en contextos reales

Los principios derivados de la neurociencia aplicada al diseño no son meramente teóricos, sino que han comenzado a validarse en modelos arquitectónicos y de cuidado desarrollados en países escandinavos. Estos enfoques representan una de las implementaciones más avanzadas de entornos diseñados como soporte activo de funciones cognitivas y emocionales.

En este contexto, el trabajo de Vladykina y Arpiainen (2024) en el ámbito finlandés introduce el concepto de *service thinking* aplicado al diseño para demencia, proponiendo que el entorno construido debe entenderse como parte de un sistema integrado de cuidado, donde arquitectura, servicios e interacciones cotidianas funcionan de manera coordinada. Este enfoque desplaza la idea del espacio como contenedor hacia una concepción del entorno como infraestructura cognitiva y emocional.

En línea con el modelo conceptual presentado, estos entornos adaptados a pacientes con demencia operan en tres niveles básicos: (i) considerar los circuitos neuronales afectados,

(ii) comprender los déficits cognitivos y conductuales emergentes y (iii) aplicar principios de diseño que actúan como mecanismos compensatorios a dichos déficits. Así, frente al deterioro de sistemas de memoria espacial dependientes del hipocampo, se implementan entornos altamente legibles, con señalización clara, puntos de referencia significativos y organización espacial intuitiva. Del mismo modo, ante la alteración en el procesamiento sensorial y la regulación emocional, se diseñan ambientes con baja ambigüedad perceptual, iluminación controlada y estímulos sensoriales modulados.



Figura 1: Enfoque neuroarquitectónico para el diseño de entornos para personas con demencia

Un rasgo distintivo de estos modelos es la priorización de la autonomía dentro de marcos de seguridad implícita. A través de configuraciones espaciales como circuitos continuos, patios interiores y límites no invasivos, se permite la libre circulación sin generar la percepción de restricción. Este diseño reduce la ansiedad, minimiza conductas disruptivas y favorece la interacción espontánea con el entorno.

Asimismo, la incorporación sistemática de elementos naturales —incluyendo jardines accesibles, luz natural y materiales orgánicos— actúa como modulador de sistemas fisiológicos y emocionales, contribuyendo a la reducción del estrés y a la estabilización conductual. La evidencia acumulada en estos contextos indica que estos entornos no solo mejoran la calidad de vida, sino que también pueden reducir la necesidad de intervenciones farmacológicas y optimizar la interacción social. En conjunto, estos modelos constituyen una validación empírica del enfoque neurocientífico del diseño, demostrando que el entorno puede funcionar como una extensión operativa de circuitos neuronales comprometidos.

Referencias

- De Boer, B., et al. (2021). *The effects of small-scale, homelike facilities on quality of life for people with dementia*. The Gerontologist.
- Figueiro, M. G., et al. (2014). *Lighting and circadian disruption in Alzheimer's disease and related dementias*. Current Alzheimer Research.
- Harding, A. J., et al. (2005). *Hippocampal and entorhinal cortex pathology in Alzheimer's disease*. Acta Neuropathologica.
- Rodríguez, L., et al. (2020). *Wayfinding strategies and spatial cues in dementia care facilities*. Dementia.
- van Hoof, J., & Kort, H. (2009). *Environmental design for older adults with dementia*. Building and Environment.
- Vladykina N, Arpiainen L. (2024) Service Thinking in Architectural Design for Dementia in the Finnish Context. Stud Health Technol Inform.
- Wang J, Ding D, Wu B. 2022 Enhancement of Aging in Place: An Evolving Understanding of Person-Centered Dementia Care in Home Settings. J Alzheimers Dis.
- Zeisel, J. (2009). *I'm Still Here: A New Philosophy of Alzheimer's Care*. Avery

Abstract: The sustained increase in the prevalence of dementia poses new challenges that extend beyond the clinical domain and into the design of the built environment. From a neuroscientific perspective, spatial perception, navigation, and emotional regulation emerge from the coordinated activity of neural circuits integrating sensory information, memory, and internal states. In neurodegenerative diseases, the disruption of these systems—particularly in regions such as the hippocampus and entorhinal cortex—impairs the ability to construct and update spatial representations, leading to disorientation, perceptual ambiguity, and increased stress.

Within this framework, architectural design can be understood as a form of external modulation of neural circuits, acting as cognitive and emotional support. Through principles such as spatial legibility, reduction of sensory ambiguity, environmental regulation, and the promotion of autonomy, the built environment can compensate for functional deficits and enhance quality of life. Emerging models in Scandinavian contexts support this approach, demonstrating that evidence-based design can reduce cognitive load, stabilize behavior, and foster social interaction. Overall, this work positions architecture as a key therapeutic tool in the management of dementia.

Keywords: dementia - neuroarchitecture - spatial perception - navigation - cognitive load - evidence-based design - therapeutic environments - emotional regulation - hippocampus - quality of life

Resumo: O aumento sustentado da prevalência de demências apresenta novos desafios que ultrapassam o âmbito clínico e alcançam o desenho dos ambientes construídos. A partir da neurociência, a percepção do espaço, a navegação e a regulação emocional

emergen da atividade coordenada de circuitos neurais que integram informações sensoriais, memória e estados internos. Nas doenças neurodegenerativas, a disrupção desses sistemas — particularmente em regiões como o hipocampo e o córtex entorrinal — compromete a capacidade de construir e atualizar representações espaciais, gerando desorientação, ambiguidade perceptiva e aumento do estresse.

Nesse contexto, propõe-se que o desenho arquitetônico pode ser compreendido como uma forma de modulação externa de circuitos neurais, capaz de atuar como suporte cognitivo e emocional. Por meio de princípios como legibilidade espacial, redução da ambiguidade sensorial, regulação ambiental e promoção da autonomia, o ambiente pode compensar déficits funcionais e melhorar a qualidade de vida. Modelos emergentes em contextos escandinavos validam essa abordagem, demonstrando que o desenho baseado em evidências pode reduzir a carga cognitiva, estabilizar o comportamento e favorecer a interação social. Em conjunto, este trabalho posiciona a arquitetura como uma ferramenta terapêutica fundamental na abordagem das demências.

Palavras-chave: demências - neuroarquitetura - percepção espacial - navegação - carga cognitiva - desenho baseado em evidências - ambientes terapêuticos - regulação emocional - hipocampo - qualidade de vida

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

María Elena Avale, PhD, es doctora en Biología y especialista en neurociencias. Se desempeña como investigadora del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET, Argentina) y directora del Laboratorio de Terapéutica Experimental de los Procesos Neurodegenerativos. Desarrolla sus actividades en la Universidad de Buenos Aires, en el estudio de los mecanismos neurobiológicos de enfermedades neurodegenerativas y el desarrollo de estrategias terapéuticas experimentales. Su trabajo se inscribe en el campo de la neurobiología y la investigación traslacional.

Neuropaisajismo escolar: un modelo salutogénico de infraestructura de cuidado para la neurodiversidad en el sistema educativo argentino

Claudio Marcelo Doratto⁽¹⁾

Resumen: El presente artículo propone el neuropaisajismo escolar como un modelo salutogénico de infraestructura de cuidado para el sistema educativo argentino, con énfasis en la neurodiversidad. Partiendo de una trayectoria docente de catorce años en ámbitos urbanos, marginales y rurales (incluyendo comunidades aborígenes del norte neuquino), se argumenta que la crisis del aula contemporánea es, antes que pedagógica, una crisis biológica y espacial producida por el diseño de “aulas de hormigón”. A través de marcos como la Teoría de Restauración de la Atención (ART), la Teoría de Reducción del Estrés (SRT), el corpopaisajismo terapéutico y el Método MEDS, se analiza cómo transformar el patio de cemento en un acto de justicia educativa. La propuesta integra el modelo de accesibilidad cognitiva de Brusilovsky y principios de diseño biofílico para ofrecer lineamientos de política pública. Se concluye que el jardín escolar y la preservación de la microbiota del suelo no son ornamentos, sino mensajes biológicos de resiliencia indispensables para garantizar el derecho a una educación inclusiva efectiva en el contexto nacional actual.

Palabras clave: neuropaisajismo - corpopaisajismo - salutogénesis - neurodiversidad - diseño biofílico - accesibilidad cognitiva - Método MEDS - infraestructura de cuidado - TEA - TDAH

[Resúmenes en inglés y portugués en la página 170]

(1) Ver CV en pág. 171

Introducción: la paradoja del aula de hormigón y el acantilado visual

Quienes hemos pasado años en el aula (no como observadores, sino como protagonistas) sabemos que existe un malestar que no se resuelve con más presupuesto ni con mejores currículos. Es un malestar del cuerpo: el niño que no puede quedarse quieto, la adolescente que mira la pared durante cuarenta y cinco minutos seguidos con los ojos abiertos pero ausente, el docente que termina el día con una fatiga que va más allá del cansancio físico. Ese malestar tiene una causa concreta, y esa causa se llama espacio.

El sistema educativo contemporáneo en Argentina, tanto en sus expresiones urbanas como en las rurales, atraviesa una crisis que no es únicamente pedagógica o presupuestaria, sino fundamentalmente biológica y espacial. A lo largo de catorce años de docencia en niveles primario y medio, ha sido posible constatar lo que el neuropaisajismo denomina la *paradoja del aula de hormigón*: la contradicción sistémica donde se pretende fomentar la creatividad, el pensamiento crítico y el aprendizaje profundo dentro de entornos que, por su diseño y materialidad, operan como espacios de estrés crónico y fatiga sensorial (Doratto, 2025a).

La infraestructura escolar tradicional ha priorizado históricamente el control, la vigilancia y una funcionalidad administrativa que ignora las necesidades del sistema nervioso de los estudiantes. Estos entornos pueden describirse como *acantilados visuales*: espacios con una alta carga mental donde la saturación de estímulos irrelevantes o, por el contrario, la esterilidad absoluta de paredes grises y suelos rígidos, genera una desconexión profunda entre el cuerpo del alumno y su entorno natural. Esta desconexión no es metafórica: se traduce en cortisol elevado, atención fragmentada y sistemas nerviosos cronificados en modo de alerta (Doratto, 2025a).

Un patio de cemento, carente de biodiversidad y de refugios sensoriales, somete al estudiante a un estado de alerta constante, agotando los recursos de la atención dirigida que son indispensables para el procesamiento de contenidos académicos complejos (Kaplan & Kaplan, 1989). En este escenario, el paisaje debe dejar de entenderse como ornamento para ser reconocido como un agente activo de salud pública y una infraestructura de cuidado esencial para la resiliencia infantil (Doratto, 2025a). La precariedad de la infraestructura verde no es un problema estético ni de mantenimiento decorativo: es un obstáculo directo para la equidad educativa.

Tabla 1. Diagnóstico y propuesta del neuropaisajismo escolar en cuatro dimensiones clave.

Nota. Elaboración propia a partir de Doratto (2025a) y los principios del diseño biofílico.

Concepto	Diagnóstico tradicional	Propuesta del neuropaisajismo
Aula de hormigón	Espacio de instrucción pasiva y control.	Entorno enriquecido, dinámico y biofílico.
Patio escolar	Zona de recreo residual y pavimentada.	Infraestructura de cuidado y restauración cognitiva.
Neurodiversidad	Necesidad de adaptación del alumno al espacio.	Necesidad de ajuste del espacio a la neurobiología.
Vegetación	Elemento decorativo o de mantenimiento.	Agente salutogénico y programador epigenético.

Esta desconexión sensorial se agrava en el contexto de la revolución digital, donde el exceso de pantallas y la vida en interiores han reducido la exposición de las nuevas generaciones a los ritmos naturales (Academia de Neuroarquitectura, 2024). La neuroarquitectura

y el neuropaisajismo proponen, por tanto, una reconfiguración radical de los centros educativos argentinos: transformarlos de modelos cuya lógica recuerda a la del encierro (donde el silencio y la inmovilidad son la norma) a ecosistemas de bienestar que respeten la biología humana en desarrollo y promuevan la salud física y mental de todos los usuarios, especialmente de aquellos con neurodivergencias (Doratto, 2025a; Fuentes-Guerra, 2021).

Neurociencias aplicadas al aprendizaje: restauración y neuroplasticidad

Para comprender por qué el espacio escolar importa tanto, es necesario salir por un momento del lenguaje educativo y entrar en el lenguaje del cuerpo. El cerebro humano no es una máquina de procesar información indiferente al lugar donde está. Es un órgano social y ecológico que responde al entorno de manera constante, ajustando sus recursos según las señales que recibe del espacio que lo rodea (Actiu, 2023).

El fundamento científico del neuropaisajismo escolar reside en la comprensión de cómo el cerebro humano interactúa con el entorno físico para procesar información y regular estados emocionales (Doratto, 2025a). No se trata de una moda estética, sino de la aplicación de principios neurobiológicos validados que demuestran que el diseño del espacio puede potenciar o inhibir las funciones cognitivas (Fuentes-Guerra, 2021). En el ámbito educativo, esto se operativiza principalmente a través de tres pilares: la restauración de la atención, la reducción del estrés y la promoción de la neuroplasticidad en entornos enriquecidos (Doratto, 2025a).

Teoría de restauración de la atención (ART) y fatiga cognitiva

Cualquier docente reconoce este momento: las dos de la tarde, la última hora, los alumnos que empiezan a mirar el techo, a moverse en el asiento, a perder el hilo. Lo que ocurre allí no es falta de voluntad ni de interés: es agotamiento neurobiológico de un recurso real y limitado.

La atención dirigida es un recurso metabólicamente costoso. El estudiante, durante las horas de clase, debe filtrar constantemente distracciones para enfocarse en tareas específicas, lo que conduce inevitablemente a la fatiga atencional (Doratto, 2025a). Cuando este recurso se agota, aparecen la irritabilidad, la impulsividad y la incapacidad de concentración. La Teoría de Restauración de la Atención (ART), desarrollada por Kaplan y Kaplan (1989), postula que los entornos naturales ofrecen una *fascinación suave* que permite que la atención dirigida descanse mientras el sistema nervioso se recupera de manera involuntaria. En las escuelas argentinas, la transición de un aula cerrada a un patio naturalizado con vegetación diversa, luz dinámica y sonidos naturales funciona como un micro-ritual de restauración cognitiva (Doratto, 2025a). La presencia de patrones fractales en las plantas y el movimiento no rítmico de las hojas captan la atención sin esfuerzo, reduciendo la

rumiación mental y preparando al cerebro para una nueva fase de aprendizaje intenso (Kaplan & Kaplan, 1989). Cinco minutos bajo un árbol pueden devolver al aula a un estudiante que dos horas más de ejercicios en el pupitre no lograrían recuperar.

Teoría de reducción del estrés (SRT) y regulación del cortisol

Complementariamente, la Teoría de Reducción del Estrés (SRT) de Ulrich (1983) demuestra que la exposición a paisajes naturales desencadena respuestas fisiológicas inmediatas que equilibran el sistema nervioso autónomo. En el contexto escolar, el paisaje actúa como un regulador natural del cortisol: durante exámenes, conflictos interpersonales o situaciones de acoso, el contacto visual o físico con el verde reduce la presión arterial y la frecuencia cardíaca, promoviendo estados de calma en lugar de alerta o huida (Ulrich, 1983; Doratto, 2025a).

El diseño de *patios que cuidan* busca intencionadamente activar estos protocolos de relación para que el alumno no permanezca en un estado de supervivencia biológica, sino que pueda acceder a sus funciones ejecutivas superiores (Doratto, 2025c). Porque lo que llamamos “problemas de conducta” en el aula muchas veces no es otra cosa que un sistema nervioso que lleva demasiado tiempo en modo de alerta, sin haber tenido oportunidad de restaurarse.

El patio como entorno enriquecido y programador epigenético

La neuroplasticidad (la capacidad del cerebro para reorganizarse y crear nuevas conexiones sinápticas en respuesta a la experiencia) no es un fenómeno que ocurra únicamente en el interior del aula. El neuropaisajismo redefine el patio escolar como un *entorno enriquecido*: un espacio saturado de desafíos motrices, sociales y sensoriales que estimulan la curiosidad y la exploración (Doratto, 2025a). Al interactuar con un entorno biológicamente diverso, el estudiante no solo adquiere conocimientos teóricos: fortalece su estructura cerebral.

Desde una perspectiva epigenética, el entorno físico envía mensajes constantes a la biología del niño. Un espacio que ofrece seguridad, belleza y conexión con la vida *programa* la resiliencia y la salud a largo plazo, mientras que los entornos hostiles o estériles pueden activar marcadores genéticos asociados a la ansiedad y el estrés crónico (Doratto, 2025a). Por lo tanto, el diseño de la infraestructura escolar en Argentina debe ser visto como un acto de responsabilidad ética y biológica hacia las futuras generaciones.

Corpopaisajismo terapéutico: el cuerpo como brújula del estudiante

Existe una diferencia fundamental entre diseñar un espacio que *se vea bien* y diseñar un espacio que *se sienta bien*. Durante años, el paisajismo escolar (cuando existía) se orientó hacia la primera opción: canteros ordenados (arriates o parterres), algún árbol solitario en el centro del patio, baldosas bien pulidas (lustrosas en las escuelas de Mendoza). El corpopaisajismo propone una revolución silenciosa: dejar de diseñar para el ojo y empezar a diseñar para el cuerpo entero (Doratto, 2025b).

El corpopaisajismo propone una evolución radical del paisajismo tradicional, centrando la atención no en lo que el ojo ve, sino en lo que el cuerpo entero siente y experimenta (Doratto, 2025b). En el sistema educativo, esta visión es fundamental para superar el cerebrocentrismo que reduce al estudiante a un procesador de datos desvinculado de su realidad física. La premisa central es la *unidad humano-naturaleza*: el alumno no es un visitante en el jardín escolar, sino que forma parte de un sistema único de intercambio de energía y vida (Doratto, 2025b).

La tríada sensorial: exterocepción, propiocepción e interocepción

Para que un paisaje escolar sea verdaderamente terapéutico, debe dialogar con los tres sistemas sensoriales que informan al organismo sobre su relación con el mundo y consigo mismo (Doratto, 2025b):

- 1. Exterocepción:** la conexión con el mundo exterior. En el corpopaisajismo, se invita a redescubrir el tacto, el olfato y el oído como canales de aprendizaje. Las manos conocen la textura de la corteza antes que los ojos, y el aroma de plantas como el romero o la lavanda activa directamente la memoria de trabajo y la regulación emocional (Academia de Neuroarquitectura, 2024; Doratto, 2025b).
- 2. Propiocepción:** el sentido de la posición y el movimiento del cuerpo en el espacio. Un diseño escolar inclusivo debe ofrecer topografías variadas, suelos con diferentes grados de firmeza y elementos que desafíen el equilibrio, permitiendo que el estudiante se sienta anclado y seguro en su territorio (Doratto, 2025b).
- 3. Interocepción:** la percepción del estado interno del organismo. El contacto con el verde facilita que el alumno reconozca sus señales internas de relajación o tensión. El cuerpo reconoce un espacio seguro mucho antes de que la mente consciente lo procese, manifestándose en una respiración más pausada y un descenso de la tensión muscular (Doratto, 2025b).

Tabla 2. Canales sensoriales del corporeo y su beneficio cognitivo-emocional en el entorno escolar. *Nota.* Elaboración propia a partir de Doratto (2025b).

Canal sensorial	Función en el paisaje escolar	Beneficio cognitivo/emocional
Exterocepción	Contacto con texturas, aromas y sonidos naturales.	Regulación emocional y activación de la memoria.
Propiocepción	Movimiento en terrenos variados y equilibrio.	Conciencia corporal, seguridad y reducción de ansiedad motriz.
Interocepción	Reconocimiento de ritmos internos (respiración, latidos).	Autoconciencia y autorregulación del estrés.
Cronocepción	Percepción del paso del tiempo y ciclos estacionales.	Conexión con ritmos circadianos y estabilidad mental.

Postura y el nervio vago: el interruptor de la calma

Existe una relación intrínseca entre la postura física inducida por el mobiliario y el arbolado escolar y la activación del sistema nervioso parasimpático (Doratto, 2025b). El diseño de bancos, piedras de asiento o áreas de césped que inviten a posturas abiertas facilita la respiración diafragmática. Esta expansión pulmonar estimula el nervio vago, que actúa como un *freno vago*, disminuyendo la producción de cortisol y adrenalina.

Cuando un estudiante se siente seguro bajo la protección de la copa frondosa de un árbol, su cuerpo baja la guardia instintiva. Los hombros descienden, el pecho se abre y el ritmo cardíaco se ralentiza. Este estado de seguridad biológica es el único suelo fértil donde puede florecer el aprendizaje significativo, ya que permite que la energía metabólica se desplace de la amígdala (la alarma de supervivencia) a la corteza prefrontal, donde residen la cognición, la empatía y el pensamiento creativo (Doratto, 2025b). El cuerpo funciona así como una brújula: si el cuerpo se aquieta, la mente puede empezar a pensar.

Sin embargo, para que esta respuesta neurobiológica sea efectiva, el tiempo de exposición es un factor crítico. En los breves lapsos del recreo escolar tradicional (10 a 20 minutos), la intensidad del intercambio social y la actividad física de alta demanda pueden solapar los beneficios de la restauración natural. Por ello, el neuropaisajismo escolar aboga por trascender el uso puramente recreativo del patio, integrando el jardín como una extensión del aula. Destinar horas de clase (especialmente aquellas que requieren introspección, como la lectura, o asombro, como las ciencias naturales) a estos entornos, garantiza la ventana de tiempo necesaria para que la fisiología del estudiante se establezca y la arquitectura del cuidado cumpla su función salutogénica, permitiendo que el aprendizaje ocurra en un estado de verdadera seguridad biológica.

Diseño inclusivo para la neurodiversidad y accesibilidad cognitiva

Hablar de neurodiversidad en la escuela argentina sigue siendo, en muchos casos, hablar de tolerancia: toleramos que el niño con TEA necesite auriculares, toleramos que el adolescente con TDAH no pueda estar sentado durante dos horas seguidas. El neuropaisajismo propone un cambio mucho más radical en la perspectiva: la discapacidad no reside en el individuo, sino en un entorno que no se adapta a sus necesidades sensoriales y cognitivas (Fuentes-Guerra et al., 2024).

Uno de los mayores desafíos del sistema educativo argentino es la inclusión efectiva de estudiantes con Trastorno del Espectro Autista (TEA) y Trastorno por Déficit de Atención con Hiperactividad (TDAH). El marco legal vigente, incluyendo la Ley 26.378 y la Ley de Educación Nacional 26.206, garantiza el derecho a una educación inclusiva, pero falla en definir los estándares ambientales necesarios para hacerla efectiva (Argentina.gov.ar, 2024). Por tanto, es imperativo aplicar el modelo de accesibilidad cognitiva de Brusilovsky (2024) para transformar las escuelas en *sistemas de apoyos espaciales* (Doratto, 2025a).

El modelo de Brusilovsky: espacios que hablan

La accesibilidad cognitiva es una metodología que busca hacer los entornos comprensibles para todas las personas mediante un vocabulario espacial claro (Brusilovsky, 2024). Un espacio escolar diseñado bajo estos criterios debe permitir que el alumno sepa con facilidad dónde se encuentra y cómo dirigirse de un punto a otro sin estrés. Los principios fundamentales son:

1. **Ruptura del efecto laberinto:** eliminar los recorridos confusos y las encrucijadas espaciales que generan desorientación y ansiedad (Brusilovsky, 2024; Doratto, 2025a).
2. **Limpieza topográfica:** el diseño debe ser claro y evitar el exceso de elementos visuales distractores que saturan la percepción del usuario neurodivergente (Doratto, 2025a).
3. **Nodos y hitos:** es fundamental establecer referencias de lugar y contenido. Los patios pueden funcionar como nodos centralizadores que concentran actividades y orientan el flujo de personas (Brusilovsky, 2024).
4. **Sinapsis espaciales:** interfaces que actúan como puentes entre diferentes actividades, facilitando la transición emocional y cognitiva entre el aula y el patio (Brusilovsky, 2024).

Zonificación específica: cuevas para el TEA y montañas para el TDAH

El diseño de infraestructuras de cuidado requiere una zonificación que contemple la diversidad de perfiles neurológicos. No existe el patio universal: existe el patio que responde a la pluralidad de cómo se habita el mundo. Para ello, el neuropaisajismo escolar adapta los arquetipos espaciales propuestos por la paisajista Julie Moir Messervy, quien sostiene

que ciertas formas del paisaje evocan respuestas emocionales y de seguridad grabadas en nuestra memoria ancestral (Messervy, 1995)

En el contexto de la neurodiversidad argentina, estos arquetipos se operativizan de la siguiente manera:

1. Refugios sensoriales (la cueva): Basado en el arquetipo de protección de Messervy, son espacios con un dosel vegetal bajo y envolvente donde el estudiante puede retirarse para autorregularse tras una sobrecarga sensorial. Estas “cuevas” verdes permiten que el sistema nervioso reconozca señales de refugio y active la respuesta parasimpática, fundamental para alumnos con TEA.

2. Canalización de energía (la montaña o promontorio): Estos arquetipos ofrecen una perspectiva de control y dominio sobre el entorno. Para alumnos con TDAH, el movimiento hacia el “promontorio” no es una distracción, sino una necesidad biológica para regular su nivel de alerta mediante la propiocepción y el equilibrio. Un niño que trepa un talud de tierra está regulando su neurobiología para poder volver al estado de aprendizaje.

3. Gradación sensorial y sinapsis espaciales: Utilizando la lógica de transición de Messervy y el modelo de Brusilovsky, el entorno debe permitir un pasaje gradual entre las zonas de mayor intensidad (el “puerto” de socialización masiva) y las de mínima intensidad (la “isla” o la “cueva”), incorporando zonas de descanso intermedio para evitar colapsos ejecutivos.

La apropiación diferencial del patio: equidad espacial de género y temperamento

Existe una dimensión de la inclusión escolar que rara vez aparece en los pliegos de obra ni en los debates pedagógicos, pero que cualquier docente con experiencia reconoce al instante: la forma en que los estudiantes se distribuyen espontáneamente en el patio reproduce, con una precisión casi cartográfica, las jerarquías sociales del aula. Esta distribución no es casual. Es, en gran medida, una consecuencia directa del diseño del espacio.

Investigaciones en el campo de la geografía escolar y el diseño inclusivo han documentado un patrón consistente: en patios con una cancha central de fútbol o básquet, los varones más activos ocupan el núcleo del espacio durante el recreo, desplazando al resto (niñas, niños con temperamentos más contemplativos, estudiantes con dificultades de integración social) hacia los márgenes, literalmente hacia los bordes del patio (Viegas Barriga, 2016). Lo que parecía una dinámica puramente cultural es, en realidad, una consecuencia espacial: el diseño del patio determina quién puede habitar el centro y quién aprende, recreo a recreo, que su lugar está en la periferia.

Desde el corpopaisajismo, esto tiene consecuencias neurobiológicas concretas. Un cuerpo que ocupa sistemáticamente el margen de un espacio recibe señales de exclusión que el sistema nervioso registra como amenaza social, elevando el cortisol y reduciendo la disponibilidad cognitiva exactamente de la misma manera que lo hace el estrés ambiental

(Doratto, 2025b). La exclusión espacial no es solo una cuestión de justicia: es un problema de salud y de aprendizaje.

En el diseño del patio escolar debemos abordar esta dimensión a través de lo que podríamos denominar *equidad espacial*: el diseño intencional de un patio que no tenga un centro hegemónico único, sino múltiples centros de atracción de igual jerarquía visual y simbólica. Algunas estrategias concretas:

1. Descentralización del espacio de juego activo: en lugar de una cancha central dominante, distribuir áreas de actividad física en distintos puntos del patio, con formatos variados (circuitos de movimiento, superficies para juegos individuales o de pequeños grupos, zonas de danza o expresión corporal) que no jerarquicen un tipo de cuerpo ni un tipo de juego sobre otros.

2. Espacios de protagonismo alternativo: incorporar zonas de huerto, taller al aire libre, observación de naturaleza o lectura exterior que ofrezcan formas de habitar el recreo igualmente legítimas y visibles que el deporte, sin estigmatizar a quienes las eligen.

3. Geometría no lineal y visual equitativa: evitar los diseños con ejes de visión que privilegian ciertas zonas sobre otras. Un patio bien diseñado debe permitir que cada rincón tenga una presencia visual y simbólica equivalente, de modo que ningún grupo pueda apropiarse del “centro” en detrimento de los demás (Viegas Barriga, 2016).

4. Consulta participativa con perspectiva de género y temperamento: como parte de la Fase de Diagnóstico del Método MEDS, incorporar instancias de mapeo donde niñas, niños y adolescentes identifiquen qué zonas sienten como propias y cuáles sienten como ajenas o inseguras. Esa cartografía subjetiva es, con frecuencia, más reveladora que cualquier relevamiento técnico.

Rediseñar el patio desde esta perspectiva no es un acto de ingeniería social: es la consecuencia lógica de entender el espacio como lo que el neuropaisajismo propone que sea, una infraestructura de cuidado que no puede cuidar a unos a costa de invisibilizar a otros.

El Método MEDS: operativización práctica de los paisajes que cuidan

Hace un tiempo, una terapeuta ocupacional compartió algo durante una visita a una residencia de mayores, sentados en el jardín: “Siento que este lugar funciona, veo cómo transforma el ánimo de las personas. Pero a veces lo siento como una especie de magia. Me encantaría tener un método para poder argumentar con fundamentos por qué invertir en un espacio así no es un lujo, sino una necesidad clínica”. Esa frase fue el origen del Método MEDS (Doratto, 2025c).

El Método de Evaluación y Diseño Salutogénico (MEDS) constituye el corazón operativo de la propuesta para transformar las escuelas argentinas en infraestructuras de cuidado y resiliencia (Doratto, 2025c). Este método une las neurociencias con el paisajismo con la cognición corporizada para ofrecer soluciones concretas a las instituciones educativas, respondiendo no solo al ¿por qué? científico, sino al ¿cómo se hace? práctico.

Fase 1: diagnóstico y el brief criptosistémico

El proceso comienza con una fase de diagnóstico que va más allá de lo técnico para centrarse en la escucha profunda de las necesidades de la comunidad (Doratto, 2025c). La herramienta clave de esta fase es el *brief criptosistémico*, una distinción conceptual central del Método MEDS.

Mientras que el *fenosistema* se refiere a lo visible y cuantificable (plantas, materiales, mobiliario), el *criptosistema* es la dimensión oculta y subjetiva: el alma del lugar, el *genius loci*. Diseñar el criptosistema implica definir qué emociones se quieren activar (calma, seguridad, alegría, curiosidad) antes de elegir una sola planta (Doratto, 2025c). En las escuelas, el diagnóstico participativo con los alumnos permite mapear sus miedos y deseos espaciales para construir un entorno que realmente los nutra. Un jardín diseñado sin escuchar a quienes lo van a habitar es siempre, en alguna medida, un jardín ajeno.

Fase 2: diseño mediante arquetipos de protección e interacción

En la fase de diseño, se traducen las necesidades detectadas en formas concretas utilizando arquetipos espaciales que resuenan con la memoria ancestral humana (Doratto, 2025c):

- **El puerto:** un espacio diseñado para la socialización segura, donde los alumnos pueden interactuar de forma fluida y protegida.
- **La isla:** un espacio para la reflexión individual y el contacto con el jardín interior. Es un arquetipo vital para la adolescencia, que permite al estudiante distanciarse del ruido social sin abandonar el entorno naturalizado.
- **La cueva:** el refugio sensorial de baja estimulación, imprescindible para estudiantes con TEA o en estados de sobrecarga emocional.

Fase 3: implementación consciente y microbiota del suelo

La construcción del paisaje no es un acto puramente mecánico: es un proceso realizado con plena conciencia del propósito sanador (Doratto, 2025c). Un aspecto crítico en esta fase, frecuentemente ignorado en la gestión escolar, es la preservación de la microbiota del suelo. La ciencia contemporánea ha demostrado que la interacción con microorganismos del suelo, como el *Mycobacterium vaccae*, puede influir positivamente en el eje intestino-cerebro, reduciendo la ansiedad y mejorando el estado de ánimo de forma similar a los fármacos antidepresivos, pero de manera natural (Doratto, 2025c). Esta hipótesis de la biodiversidad ha sido validada por investigaciones pioneras, como las realizadas en Finlandia (Instituto de Recursos Naturales de Finlandia, LUKE). En este estudio, se reemplazaron los patios de grava de varios jardines de infantes por elementos de suelo forestal (turba, césped y musgo).

Los resultados fueron más que reveladores porque en tan solo 28 días, los niños que jugaron en estos entornos naturalizados mostraron un aumento significativo en la diversidad de su microbiota cutánea e intestinal, además de una mayor presencia de proteínas antiinflamatorias en la sangre en comparación con aquellos que permanecieron en patios urbanos estériles (Roslund, A. S., et al. 2020).

Por ello, el mantenimiento de los patios escolares en Argentina debe evolucionar:

- **Evitar el sellado asfáltico:** El uso de pesticidas y pavimentos sintéticos debe reemplazarse por suelos vivos que nutran la resiliencia neurológica de los niños.
- **Incorporación de biodiversidad:** Fomentar la interacción directa con “consorcios microbianos” mediante la introducción de sustratos orgánicos y vegetación nativa.
- **Preservación del diálogo biológico:** Cada vez que sellamos el suelo con hormigón, no solo impedimos que crezca la hierba: interrumpimos un diálogo biológico milenario entre el cuerpo humano y la tierra.

Fase 4: evaluación post-ocupación (EPO)

La etapa final del Método MEDS busca demostrar y medir el impacto real del espacio construido en la salud y el bienestar de los estudiantes (Doratto, 2025c). La Evaluación Post-Ocupación (EPO) permite validar si la reducción del estrés escolar es efectiva y si la convivencia ha mejorado a partir de la transformación del paisaje (Doratto, 2025c). Esto aporta argumentos con fundamentos clínicos para que las instituciones consideren el espacio verde como una necesidad clínica y no como un lujo estético, exactamente lo que aquella terapeuta necesitaba para argumentar su causa.

Tabla 3. Síntesis del Método MEDS aplicado al contexto escolar argentino.

Nota. Elaboración propia a partir de Doratto (2025c).

Fase MEDS	Propósito operativo	Herramientas clave
Diagnóstico	Escucha activa y mapeo de necesidades.	Brief criptosistémico, talleres participativos con alumnos.
Diseño	Traducción consciente a formas físicas.	Arquetipos (puerto, isla, cueva), principios ART/SRT.
Implementación	Construcción con conciencia salutogénica.	Mantenimiento orgánico, preservación de microbiota del suelo.
Evaluación	Medición de impacto y validación clínica.	EPO, biomarcadores de estrés, encuestas de bienestar.

Lineamientos para políticas públicas: la arquitectura del cuidado como estándar

Dada la escasa aplicación actual de estas teorías en la infraestructura pública argentina, es fundamental posicionar el neuro y corpopaisajismo escolar como una herramienta de gestión institucional y política (Doratto, 2025a). El marco legal vigente, incluyendo la Ley 26.378 (Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad) y la Ley de Educación Nacional 26.206, garantiza el derecho a una educación inclusiva, pero falla en definir los estándares ambientales necesarios para hacerla efectiva (Argentina.gov.ar, 2024). Hay leyes que protegen el derecho a la educación inclusiva, pero que en ningún artículo mencionan la palabra *patio*. Esta omisión no es inocente: refleja la visión dominante que entiende la inclusión como una cuestión curricular y no como una cuestión espacial.

Propuestas de institucionalización

- **Integración del Método MEDS en planes de obra:** las licitaciones para nuevas escuelas o refacciones integrales deben exigir estudios de impacto neurobiológico y la inclusión de infraestructura verde bajo estándares de diseño biofílico (los 14 patrones de Terrapin).
- **Estándares de accesibilidad cognitiva obligatorios:** siguiendo el modelo de Brusilovsky (2024), los edificios escolares deben ser auditados no solo por sus barreras físicas, sino por sus barreras cognitivas y sensoriales, garantizando que el entorno sea amigable para alumnos con TEA y TDAH.
- **Capacitación docente en neuroarquitectura:** es vital que los educadores comprendan cómo el aula y el patio influyen en el comportamiento y el estrés. La Ley 15.556 de la provincia de Buenos Aires ya abre el camino para capacitaciones obligatorias en neurodiversidad (Legislación de la Provincia de Buenos Aires, 2024), las cuales deberían incluir de manera explícita la dimensión espacial (Proyecto de Ley 3018-D-2025, 2025).
- **Presupuesto para entornos enriquecidos:** reorientar fondos de mantenimiento tradicional hacia la creación de huertos terapéuticos, jardines sensoriales y zonas de restauración cognitiva (Doratto, 2025c). El costo social de la desorientación y el estrés escolar es mucho mayor a largo plazo que la inversión inicial en paisajes que cuidan. Las escuelas no pueden seguir siendo los únicos edificios públicos de salud donde el bienestar físico y mental de sus usuarios no forme parte del pliego de especificaciones técnicas.

Conclusión: el jardín como mensaje biológico de resiliencia

El neuro y corpopaisajismo escolar no son una disciplina centrada en el jardín: son disciplinas centradas en el ser humano que lo habita. Al transformar el patio de cemento en un ecosistema de bienestar, estamos enviando un mensaje directo a la biología de los estudiantes: su salud importa, su tranquilidad es prioritaria y su diversidad es bienvenida (Doratto, 2025a).

A lo largo de este artículo creo que hemos recorrido efectivamente la ciencia y la práctica de ese mensaje: desde los mecanismos neurobiológicos de la restauración atencional (Kaplan & Kaplan, 1989) y la regulación del cortisol (Ulrich, 1983), hasta los arquetipos del diseño que traducen esa ciencia en formas concretas (cuevas, islas, montañas, puertos) que hablan directamente a la memoria ancestral del cuerpo (Doratto, 2025c). Hemos visto que la neurodiversidad no es un desafío para el espacio escolar: es su mayor oportunidad para evolucionar.

En Argentina, la escuela debe recuperar su función como espacio de refugio y crecimiento. El Método MEDS y las teorías del neuro y corpopaisajismo ofrecen la hoja de ruta para que el sistema educativo transite hacia una *arquitectura del cuidado* que no solo enseñe a pensar, sino que enseñe a sentir, a respirar y a habitar el mundo con plenitud (Doratto, 2025a, 2025b, 2025c). Diseñar patios escolares saludables es, en última instancia, un acto de justicia educativa y una apuesta por la salud mental y física de las futuras generaciones. Porque un jardín que cuida no es un lujo. Es la infraestructura mínima que todo niño merece.

Declaración de uso de herramientas de Inteligencia Artificial (IA): El autor declara que se han utilizado herramientas de Inteligencia Artificial exclusivamente para tareas de apoyo editorial, específicamente en la adecuación y verificación de las normas de citación bibliográfica (APA 7ma edición) y la optimización gramatical del texto. El desarrollo de las ideas, el marco teórico original (Método MEDS, Neuropaisajismo y Corpopaisajismo), el análisis de los resultados y las conclusiones son de autoría intelectual plena y exclusiva del firmante.

Referencias

- Academia de Neuroarquitectura. (2024). *Neuroarquitectura en espacios educativos: mejorando el aprendizaje a través del diseño*. Recuperado de <https://academiadeneuroarquitectura.com/neuroarquitectura-en-espacios-educativos-mejorando-el-aprendizaje-a-traves-del-diseno/>
- Amaya Martínez, M. C., & Rincón Castellanos, M. (2024). *Arquitectura para la salud: Paisajismo en la arquitectura hospitalaria* [Trabajo de grado, Pontificia Universidad Javeriana]. Repositorio Institucional Javeriano.
- Argentina.gov.ar. (2024). *Ley simple: educación de estudiantes con discapacidad*. Recuperado de <https://www.argentina.gov.ar/justicia/derechofacil/leysimple/educacion-estudiantes-con-discapacidad>
- Brusilovsky, B. (2024). *Model to design accessible, sensorial and cognitive spaces: methodology for healthy and inclusive design*. Recuperado de <https://sapport.gov.mt/wp-content/uploads/2024/03/Article-by-Berta-Brusilovsky-Filer.pdf>

- Burgaz Arregui, B. (2016). *El patio escolar como espacio educativo: Propuesta del patio como acercamiento a la naturaleza* [Trabajo de fin de grado, Universidad de Zaragoza]. Repositorio de la Universidad de Zaragoza.
- Doratto, C. M. (2025a). *Neuropaisajismo terapéutico: diseño con neurociencia para jardines inclusivos salutogénicos* (2.ª ed.). Godoy Cruz: Claudio Marcelo Doratto. ISBN 978-631-00-8322-3
- Doratto, C. M. (2025b). *Corpopsajismo terapéutico*. Godoy Cruz: Claudio Marcelo Doratto. ISBN 978-631-00-9674-2
- Doratto, C. M. (2025c). *Paisajes que cuidan: el Método MEDS. Una guía práctica para el diseño salutogénico basada en el neuro y corpopsajismo*. Godoy Cruz: Claudio Marcelo Doratto. ISBN 978-631-01-3123-8
- Fuentes-Guerra, A. (2021). *Neuroarquitectura aplicada a espacios educativos*. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4549206>
- Fuentes-Guerra Toral, Á. (2021). *Neuroergonomía: Neuroarquitectura aplicada a espacios educativos*. Unidad Didáctica de Neuroergonomía, Máster en Neurociencia Cognitiva y del Comportamiento, Universidad de Granada.
- Kaplan, R., & Kaplan, S. (1989). *The experience of nature: a psychological perspective*. Cambridge University Press.
- Legislación de la Provincia de Buenos Aires. (2024). *Ley 15.556*. Recuperado de <https://normas.gba.gob.ar/documentos/056AAoh5.html>
- Messervy, J. M. (1995). *The Inward Garden: Creating a Place of Beauty and Meaning*. Little, Brown and Company.
- Proyecto de Ley 3018-D-2025. (2025). *Capacitación docente en discapacidad, neurodiversidad y dificultades del aprendizaje*. Honorable Cámara de Diputados de la Nación Argentina. Recuperado de <https://www4.hcdn.gob.ar/dependencias/dsecretaria/Periodo2025/PDF2025/TP2025/3018-D-2025.pdf>
- Serrano, A., & Rodríguez, N. (2016). Género y uso del espacio en el patio escolar: una revisión desde la geografía social. *Revista de Educación*, 374, 112–134.
- Ulrich, R. S. (1983). Aesthetic and affective response to natural environment. En I. Altman & J. F. Wohlwill (Eds.), *Behavior and the natural environment* (pp. 85–125). Plenum Press.
- Varela, B. (2016). Geografía de género y discursos del cuerpo en los microespacios escolares: Entre la vigilancia y la displicencia. *La Aljaba, Segunda época*, 20, 223-241.
- Viegas Barriga, F. (2016). *El patio de la escuela como espacio generizado: apropiación, exclusión y poder en el recreo*. Barcelona: Editorial Graó.
- Roslund, A. S., et al. (2020). *Biodiversity intervention enhances immune regulation and health-associated microbiota among day care children*. *Science Advances*, 6(42).

Abstract: This article proposes **school neurolandscaping** as a salutogenic model of care infrastructure for the Argentine educational system, with a focus on neurodiversity. Drawing on fourteen years of teaching experience in urban, marginal, and rural contexts (including Indigenous communities in northern Neuquén), it argues that the crisis of

the contemporary classroom is, rather than pedagogical, a biological and spatial crisis produced by the design of “concrete classrooms.”

Through frameworks such as Attention Restoration Theory (ART), Stress Reduction Theory (SRT), therapeutic body-landscaping, and the MEDS Method, the study analyzes how transforming the concrete schoolyard can become an act of educational justice. The proposal integrates Brusilovsky’s cognitive accessibility model and principles of biophilic design to offer guidelines for public policy.

It concludes that the school garden and the preservation of soil microbiota are not ornamental features, but biological signals of resilience that are essential to guarantee the right to effective inclusive education in the current national context.

Keywords: neurolandscaping - body-landscaping - salutogenesis - neurodiversity - biophilic design - cognitive accessibility - MEDS Method - care infrastructure - ASD - ADHD

Resumo: O presente artigo propõe o **neuropaisajismo escolar** como um modelo salutogénico de infraestrutura de cuidado para o sistema educacional argentino, com ênfase na neurodiversidade. A partir de uma trajetória docente de quatorze anos em contextos urbanos, marginalizados e rurais (incluindo comunidades indígenas do norte de Neuquén), argumenta-se que a crise da sala de aula contemporânea é, antes de pedagógica, uma crise biológica e espacial produzida pelo desenho de “salas de aula de concreto”.

Por meio de referenciais como a Teoria da Restauração da Atenção (ART), a Teoria da Redução do Estresse (SRT), o corpopaisajismo terapêutico e o Método MEDS, analisa-se como a transformação do pátio de concreto pode constituir um ato de justiça educacional. A proposta integra o modelo de acessibilidade cognitiva de Brusilovsky e princípios de design biofílico para oferecer diretrizes de política pública.

Conclui-se que o jardim escolar e a preservação da microbiota do solo não são elementos ornamentais, mas sinais biológicos de resiliência indispensáveis para garantir o direito a uma educação inclusiva efetiva no contexto nacional atual.

Palavras-chave: neuropaisajismo; corpopaisajismo; salutogênese; neurodiversidade; design biofílico; acessibilidade cognitiva; Método MEDS; infraestrutura de cuidado; TEA; TDAH

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

Claudio Doratto. Especialista en neuropaisajismo terapéutico y corpopaisajismo, es creador del Método MEDS (Modelo de Evaluación y Diseño Salutogénico), que integra neurociencias, diseño biofílico y accesibilidad cognitiva. Docente con catorce años de trayectoria en diversos contextos educativos en Argentina, incluyendo ámbitos rurales y comunidades indígenas. Es autor de una trilogía de referencia en su campo y terapeuta hortícola certificado. Actualmente se desempeña como investigador independiente y ponente internacional en el ámbito del diseño de entornos terapéuticos e inclusivos.

El color como signo de transformación del entorno subjetivo. Memoria sensible, la piel y el mundo

Cristina Basualdo Bodart⁽¹⁾

Resumen: El texto explora la relación entre el color, la memoria y la identidad. A través de la experiencia personal y la percepción sensible, el color se convierte en un signo de transformación del entorno subjetivo. La memoria sensible, la piel y el mundo están íntimamente relacionados, y el color es el lenguaje que los une.

La infancia es un período clave en el desarrollo de la memoria emocional y la relación entre los factores emocionales y cognitivos. Los recuerdos y las emociones se almacenan en la memoria y se expresan a través del color, creando un pantonario emocional que define nuestra identidad.

El texto también explora la idea de que el color es un elemento fundamental en la construcción de la identidad y la pertenencia. A través del color, podemos expresar nuestras emociones y sensaciones, y crear un sentido de arraigo y conexión con el mundo.

Palabras clave: Color y memoria sensible - Identidad y pertenencia - Experiencia personal y percepción sensible - Infancia y desarrollo emocional - Pantonario emocional - Arquetipos - Naturaleza poética.

[Resúmenes en inglés y portugués en la página 177]

(1) Ver CV en pág. 178

*Hay, en la espera,
un rumor a lila rompiéndose.
Y hay, cuando viene el día,
una partición de sol en pequeños soles negros.*
(Alejandra Pizarnik - Anillos de ceniza)

Algunas reflexiones parten de la experiencia del recuerdo; de sentir melancolía en referencia a porciones del tiempo que han marcado nuestra memoria. El sentir sensible de la sociedad contemporánea atraviesa esta situación, que en términos generales, puede leerse también como una pérdida de sí mismo ante el abismo de la melancolía.

Esta experiencia, acentuada en la actualidad, tiene que ver con la búsqueda de identidad y, más en concreto, con la incertidumbre acerca del color que nos habita. Hecho que constituye la experiencia más sensible del habitar humano. Ahora bien, cuando nos referimos a este habitar no hablamos sólo de ocupar un espacio, sino de existir en el mundo.

Innumerables procesos de “descubrimiento” y de cosificación de la vida humana, con la consiguiente pérdida de alojamiento y orientación, surgen como referencias para reflexionar y acercarnos a la experiencia existencial del mundo no solo como experiencia biológica y perceptiva sino en función de las capacidades cognitivas del ser humano para validar conocimiento por medio de experiencia personal y experiencia sensible. Como parte de la vida cotidiana, el color construye identidad, y vínculos afectivos.

A lo largo de la historia, las generaciones se han representado a través del espacio, las imágenes y las composiciones visuales, armonías cromáticas que contienen signos y significados, los cuales expresan el habitar cotidiano. El color nos permite a los individuos expresar emociones y sensaciones que nacen de un modo particular de vivir. Desde un fenómeno apropiativo en los espacios interiores, los seres humanos expresamos mediante paletas de color nuestros gustos y preferencias. En estas asociaciones, capacidades aprehensivas y status quo comunicamos. Formar parte del mundo, tener un lugar en él, un sentimiento de sentirnos protegidos, mantener un sentimiento de arraigo, es sinónimo de identidad, con el refugio y con la orientación que supone el poder decir filosóficamente Somos parte De. De ahí que reencontrarse a sí mismo significa precisamente recuperar el mundo. Por ello creemos necesario trazar un vínculo o acercamiento vital y efectivo en el mundo desde la dimensión única en la que se podría llevar a cabo, esto es, en el espacio posible de realización para el hombre, y no como algo extraño a dominar, sino como la propia condición de posibilidad de la existencia del hombre; en una palabra: la piel del recuerdo.

Los colores cuentan Historias

En la actualidad, el estudio del color se ha fortalecido de tal manera que nos permite conocer otras dinámicas y el estilo de vida de las personas, lo cual, no significa que el color no se haya usado de la misma forma en la antigüedad, grandes civilizaciones mesoamericanas ya expresaron a través de él sus creencias e identidad cultural. Presentaban armonías cromáticas y características fuertemente influenciadas por un sistema de creencias y tradiciones que obedecían a una forma de vida particular. Hoy la integración consciente del color en los proyectos creativos ha posibilitado que la arquitectura, el diseño de interiores y el arte conduzcan al observador hacia la identificación de emociones y sensaciones propias del inconsciente colectivo (Jung, 1970). El ser humano resuelve y genera dinámicas que convergen con sus vínculos afectivos, desde su cotidianidad, su estilo natural de vida y la forma de apropiarse de sus espacios. Existe, dentro del acto de habitar, un vínculo emocional que se desarrolla entre el ser humano y el espacio.

La cotidianidad está directamente relacionada con el color en el espacio, ya que ninguno de los dos puede entenderse sin el otro. Desde pequeños nos aferramos a recuerdos que

nos marcan por naturaleza, momentos que nos llevan a situaciones con seres queridos o simplemente a otros espacios habitados en el cuerpo de la memoria. Es en la memoria donde almacenamos nuestros aprendizajes a lo largo de la vida, así como aquellos conocimientos que consideramos más importantes y útiles. Cuando somos capaces de almacenar recuerdos durante prolongados periodos de tiempo, sean días, meses o años, usamos nuestra memoria a largo plazo. Por su parte, cuando nos referimos a aquel tipo de memoria que es más eficaz en retener recuerdos de acontecimientos recientes y de manera inmediata, estamos hablando de memoria a corto plazo. Preferimos posicionarnos en la llamada Memoria sensorial como aquella referida a la capacidad de registrar con nuestros sentidos estímulos de muy breve duración, para retenerlos y almacenarlos como recuerdos (Psicología y Mente, s.f.).

¿De qué manera esto nos llama la atención como artistas visuales, pueden las emociones o los recuerdos codificarse? Una serie de recorridos desde nuestra Naturaleza poética, concepto acuñado por Gastón Bachelard, capta a través de nuestra percepción sensible de la realidad factores como: la imagen poética y el psiquismo activo (Bachelard, 1957). A través de la actividad de la imagen poética, se forman arquetipos, es decir, topos simbólicos que se repiten en nuestra percepción sensible. En la filosofía de Bachelard, habitar el espacio significa ante todo vivir los elementos. El concepto del principio material se contextualiza en un contexto, donde los cuatro elementos se conciben como las bases a través de las cuales se desarrolla una “conciencia de habitar”. Todas las categorías presentadas constituyen las bases sólidas de habitar nuestro cuerpo.

Memoria sensible, la piel y el mundo.

Estos cuatro elementos nos habitan sin lugar a dudas, nos envuelven y nos determinan. De manera arquetípica guardamos recuerdos y podemos ver de qué manera han incidido en nuestra piel, memoria y recuerdo del color asociado. En primer lugar tenemos *El Fuego* como elemento autobiográfico desde la domesticidad hasta el crecimiento. El fuego está presente en la casa, en el dormitorio, está encerrado en su papel doméstico. Por esta razón, que a través de este elemento, podemos hablar de una constitución de la figura poética del hogar. La figura poética del hogar está inscrita en una concepción de la experiencia, donde la vida transcurre a través de fases bien marcadas: infancia, adolescencia y adultez. A través del elemento de fuego, Bachelard, se centra en la relación constructiva que el hombre tiene con las llamas; en segunda instancia encontramos *El Agua* como símbolo de la maternidad, el líquido amniótico. El elemento del agua satisface nuestra intimidad embrionaria a través del vínculo de la maternidad. El amor autobiográfico que introduce el filósofo a través de la figura poética de la rivièrre expresa un sentimiento filial; en tercer lugar tenemos *El Aire*, un espacio inmaterial hacia el concepto de empatía simbólica de Bachelard, una nueva connotación intimidad, donde la relación con el elemento se caracteriza como empatía constitutiva. El aspecto funcional de esta relación nos recuerda la importancia de una memoria sensible, donde el concepto de empatía está tomado de las

teorías de Robert Vischer sobre la contemplación estética de la naturaleza; y por último, **La Tierra**: la cueva como refugio primordial. Bachelard ilustra tres figuras clave que están vinculadas con el elemento de la tierra, y el concepto de refugio: la imagen de la cueva, la imagen de la matriz, la imagen de la casa. **“La cueva es más que una casa, es un ser que corresponde a nuestro ser, también es un universo”**(3). La universalidad de la cueva está vinculada a una cosmología muy precisa, donde las características arquetípicas se convierten en características casi inconscientes.

En la imagen del útero, Bachelard toma el valor íntimo de la vida. A partir del gran tema del regreso a la madre, se desarrollan los principios íntimos de la sexualidad. Otra imagen que utilizamos para ilustrar la importancia del concepto de refugio es la del hogar, un espacio de protección por excelencia. En este caso, Bachelard toma las características principales de la casa de Jung, donde cada piso representa un estado del alma. **“Todos estos arquetipos habitan nuestra piel.”** (Bachelard, 1957).

La inmensidad íntima

El espacio íntimo de la miel en el árbol es lo que le da perfume, identidad, significado. Cada material tiene su propio espacio y su poder pasa a través de las superficies a través de las cuales un topógrafo quisiera definirlo. Es precisamente a través de la inmensidad que los espacios, el de la intimidad y el del mundo se convierten en consonantes. De esta manera, la frase “La inmensidad está en nosotros” sirve como ejemplo de apertura a la realidad que nos rodea y, al mismo tiempo, sirve para tomar conciencia de un aspecto espacial universal de la piel de nuestro cuerpo.

La vida de las personas está influenciada por las experiencias que atraviesan. La memoria codifica esa información, la almacena y permite evocarla para que pueda ser utilizada en el futuro. De esta forma, las experiencias de un momento determinado pueden afectar la conducta en una situación posterior, y eso es posible gracias a la integración de las memorias. La infancia es un momento evolutivo en el cual suceden los cambios más importantes a nivel de desarrollo neurocognitivo y socioemocional, de manera que puede considerarse un período clave para el establecimiento de funciones y comportamientos. Uno de los puntos claves de este desarrollo durante la infancia es la relación entre los factores emocionales y cognitivos de los niños.

En la memoria emocional estos dos aspectos (cognición y emoción) se encuentran interrelacionados, ya que permite el estudio de ambas variables en forma conjunta. La infancia es un período en el cual esta relación se halla presente, sobre todo por el papel que las emociones ejercen sobre el aprendizaje, hemos aprendido en base a lo que hemos vivido. “Es nuestro objetivo compartirnos. Es por ello que creamos un Pantanario Emocional sobre los recuerdos y de qué manera han incidido en nuestra Piel, trabajando desde nuestra niñez hasta los colores emocionales de nuestra Piel adulta. Los hemos codificado y diferenciado para de alguna manera presentarnos ante ustedes y mostrar al mundo quienes somos y porque somos. Allí reside el color de nuestro trabajo, en darle identidad a las emociones que nos han atravesado.” (Basualdo Bodart, s.f.).

“Antes que únicos, lo que somos, es humanos”

Referencias

- Bachelard, G. (1957). *La poética del espacio*. Fondo de Cultura Económica.
- Basualdo Bodart, C. (s.f.). *Pantonario emocional* [Episodio de podcast]. Spotify. <https://open.spotify.com/episode/1YwCX7v0TgPlyWjpbsSjIV>
- Jung, C. G. (1970). *Arquetipos e inconsciente colectivo*. <https://ia800303.us.archive.org/23/items/jung-carl-gustav.-arquetipos-e-inconsciente-colectivo-ocr-1970/Jung%2C%20Carl%20Gustav.%20-%20Arquetipos%20e%20Inconsciente%20colectivo%20%5Bocr%5D%20%5B1970%5D.pdf>
- Pizarnik, A. (1972). *Obras completas*. Corregidor.
- Psicología y Mente. (s.f.). *Tipos de memoria sensorial*. <https://psicologiaymente.com/psicologia/tipos-memoria-sensorial>
- Rostros mixtos humanos: Proyectos fotográficos Latin. (s.f.). Dialnet.

Abstract: The text explores the relationship between color, memory, and identity. Through personal experience and sensitive perception, color becomes a sign of transformation of the subjective environment. Sensitive memory, skin, and the world are intimately related, and color is the language that unites them.

Childhood is a key period in the development of emotional memory and the relationship between emotional and cognitive factors. Memories and emotions are stored in memory and expressed through color, creating an emotional pantone that defines our identity.

The text also explores the idea that color is a fundamental element in the construction of identity and belonging. Through color, we can express our emotions and sensations, and create a sense of rootedness and connection with the world.

Keywords: Color and sensitive memory. Identity and belonging. Personal experience and sensitive perception. Childhood and emotional development. Emotional pantone. Archetypes. Poetic Nature

Resumo: O texto explora a relação entre cor, memória e identidade. A partir da experiência pessoal e da percepção sensível, a cor torna-se um signo de transformação do entorno subjetivo. A memória sensível, a pele e o mundo estão intimamente relacionados, e a cor constitui a linguagem que os conecta.

A infância é um período fundamental no desenvolvimento da memória emocional e na relação entre fatores emocionais e cognitivos. As lembranças e as emoções são armazenadas na memória e expressas por meio da cor, configurando um “pantonário emocional” que contribui para a construção da identidade.

O texto também explora a ideia de que a cor é um elemento central na construção da identidade e do sentimento de pertencimento. Por meio da cor, é possível expressar emoções e sensações, bem como construir vínculos de enraizamento e conexão com o mundo.

Palavras-chave: cor - memória sensível - identidade - pertencimento - experiência pessoal - percepção sensível - infância - desenvolvimento emocional - pantonário emocional - arquetipos - natureza poética

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

Cristina Basualdo Bodart (Argentina) es Licenciada en Letras Modernas (UNC) y Profesora Superior en Artes Visuales (UPC). Se desempeña como docente universitaria e investigadora en el programa UPC Investiga, además de participar en iniciativas de extensión y gestión cultural en territorio. Ha presentado ponencias en encuentros académicos vinculados al arte, el color y la investigación artística. Entre sus aportes se destacan el *Pantonario Emocional* y la *Teoría de la Cuarta Arista*, centrados en los procesos de significación simbólica. Actualmente cursa un posgrado en Sensorium Contemporáneo, en diálogo con la neuroarquitectura, y desarrolla una práctica artística activa en espacios comunitarios y colectivos.

La tipología polibloque hospitalaria desde la neuroarquitectura: análisis del partido general del Hospital de Chillán

Andrea Nuñez Calderon⁽¹⁾

Resumen: Este estudio analiza el diseño del partido general del Hospital de Chillán desde la perspectiva de la neuroarquitectura, abordando la relación entre emplazamiento urbano, tipología hospitalaria polibloque y procesos cognitivos asociados a la orientación espacial y la reducción del estrés. A partir de un estudio de caso con enfoque cualitativo, se examinan variables como legibilidad, carga cognitiva, organización espacial y exposición a luz natural. Los resultados sugieren que la fragmentación volumétrica, la integración con el entorno urbano y la incorporación de espacios intermedios contribuyen significativamente a mejorar la experiencia del usuario, facilitando la navegación y promoviendo el bienestar.

Palabras clave: neuroarquitectura - arquitectura hospitalaria - orientación espacial - carga cognitiva - legibilidad - reducción del estrés - luz natural - entornos de salud - experiencia del usuario

[Resúmenes en inglés y portugués en la página 186]

(1) Ver CV en pág. 187

Introducción

La arquitectura hospitalaria contemporánea responde a múltiples condicionantes funcionales, urbanas y humanas. En este contexto, la tipología polibloque surge como una estrategia eficiente en entornos urbanos densos, al permitir la fragmentación del programa en unidades funcionales diferenciadas que facilitan su integración con la ciudad.

Desde la neuroarquitectura, el entorno construido influye directamente en los procesos cognitivos, emocionales y fisiológicos de los usuarios. En hospitales, donde los individuos se encuentran en condiciones de vulnerabilidad, el diseño arquitectónico adquiere un rol crítico en la reducción del estrés y la mejora de la orientación espacial.

El Hospital de Chillán, con aproximadamente 100.000 m², constituye un caso relevante para analizar estas relaciones. Su diseño incorpora estrategias como retranqueo urbano,

fragmentación volumétrica y generación de un espacio intermedio, configurando un sistema espacial que puede ser interpretado como un dispositivo cognitivo.

Hipótesis

Se plantea que la tipología polibloque, combinada con estrategias de emplazamiento urbano y fragmentación volumétrica, mejora la orientación espacial y reduce la carga cognitiva en usuarios hospitalarios.

Metodología

El estudio se desarrolla mediante un enfoque cualitativo basado en análisis de caso. Se examina el Hospital de Chillán a partir de:

- Análisis morfológico del partido general
- Evaluación del emplazamiento urbano
- Interpretación de la organización funcional
- Relación con evidencia científica en neuroarquitectura

Las variables analizadas incluyen:

- Legibilidad espacial
- Orientación (wayfinding)
- Carga cognitiva
- Estrés ambiental
- Exposición a luz natural

Las fuentes corresponden a material gráfico del proyecto (planos, vistas isométricas) y literatura científica en neurociencia, psicología ambiental y arquitectura hospitalaria.

3. Marco teórico: neuroarquitectura y percepción espacial

3.1 Orientación y mapas cognitivos

La orientación espacial depende de la construcción de mapas cognitivos, proceso mediado por el hipocampo (O'Keefe & Nadel, 1978). Investigaciones recientes indican que estructuras como la parahippocampal place área (PPA) y la corteza retrosplenial se activan frente a entornos legibles, facilitando la navegación (Epstein et al., 2017). En contraste, entornos homogéneos incrementan la carga cognitiva, dificultando la orientación.

3.2 Estrés y entorno construido

La evidencia demuestra que la exposición a entornos naturales reduce la activación del sistema nervioso simpático y disminuye los niveles de cortisol (Ulrich, 1984; Higuera-Trujillo et al., 2021). La teoría de la restauración de la atención plantea que la vegetación favorece la recuperación cognitiva (Kaplan & Kaplan, 1989).

3.3 Wayfinding y legibilidad

La claridad en la organización espacial es determinante en la reducción de la ansiedad y la carga cognitiva (Passini, 1992; Devlin, 2014). Elementos como nodos, hitos y jerarquías espaciales permiten estructurar la percepción del entorno (Lynch, 1960).

4. Emplazamiento urbano y relación con la Av. Bernardo O'Higgins

El Hospital de Chillán se emplaza en continuidad con la Av. Bernardo O'Higgins, eje estructurante del sistema urbano. Sin embargo, el proyecto opta por retraer el volumen principal, generando un espacio intermedio que funciona como plaza cívica.



Fig. 1. Vista Área Partido General Hospital de Chillán. Se muestran las diferentes áreas edificando Unidad de Hospitalización, Unidad Urgencias y unidad ambulatoria articuladas por plaza Cívica.

Como se observa en la **Figura 1**, este retranqueo permite establecer una transición progresiva entre ciudad y hospital, reduciendo la sobrecarga sensorial asociada a accesos directos y abruptos.

La integración con la infraestructura verde existente refuerza la continuidad visual del entorno, facilitando la orientación desde la escala urbana hacia el edificio. Esta condición ha sido asociada a mejoras en la comprensión espacial y reducción de ansiedad (Nowak et al., 2006).

5. Partido general y configuración volumétrica

El partido general se organiza mediante una tipología polibloque, donde volúmenes diferenciados representan funciones específicas (atención abierta, hospitalización, urgencia). Como se evidencia en la **Figura 2**, esta fragmentación volumétrica permite establecer una correspondencia clara entre forma y función, facilitando la identificación de destinos. Desde la neurociencia cognitiva, esta diferenciación favorece la construcción de mapas mentales, al proporcionar referencias espaciales claras (Epstein et al., 2017).

La jerarquización de accesos reduce la ambigüedad funcional, permitiendo al usuario anticipar su recorrido antes de ingresar al edificio. Asimismo, la plaza cívica actúa como nodo organizador, estructurando la navegación del conjunto (Lynch, 1960).

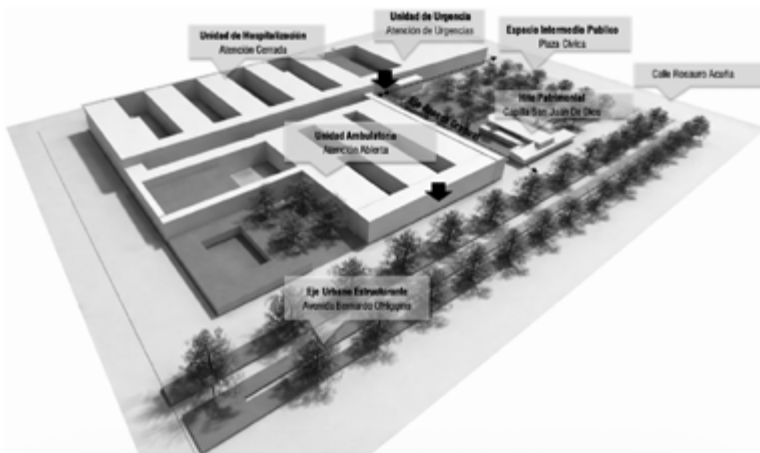


Fig. 2. Vista Isométrica Norte Partido General muestra la relación de los volúmenes con eje vial Avenida O'Higgins.

6. Espacio intermedio, vegetación y reducción del estrés

La plaza cívica constituye un elemento central del proyecto, integrando áreas de circulación, permanencia, vegetación y espacios de juego. Como se observa en Fig. 3 Este espacio intermedio permite una transición gradual entre el entorno urbano y el hospital, reduciendo la activación fisiológica del estrés.

La evidencia indica que la exposición a la naturaleza disminuye la frecuencia cardíaca y la presión arterial (Ulrich, 1984). Desde la perspectiva biofílica, la presencia de vegetación responde a una afinidad innata del ser humano con la naturaleza (Wilson, 1984), lo que explica sus beneficios psicológicos.

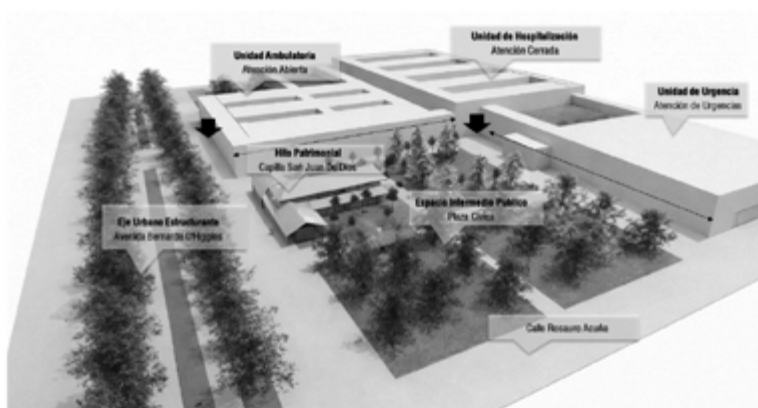


Fig. 3. Vista Área Plaza Cívica, Espacio Intermedio, mediante el diseño biofílico basado en naturaleza donde la presencia de vegetación y espacios de juego, genera un espacio de calma y sanación.-

7. Orientación y luz natural como herramienta terapéutica

La orientación de los bloques de hospitalización hacia el noreste constituye una decisión clave del proyecto. Esta configuración permite la captación de luz natural matinal, fundamental para la regulación del ritmo circadiano. La exposición a luz de mañana actúa como el principal sincronizador externo (zeitgeber) del sistema circadiano, estimulando la activación biológica, mejorando el estado de alerta y favoreciendo la sincronización de los ciclos de sueño (Blume et al., 2019; Wirz-Justice, 2021).

Estudios han demostrado que los pacientes expuestos a mayor cantidad de luz natural presentan mejores resultados clínicos, menor percepción del dolor y menor tiempo de recuperación (Walch et al., 2005; Bernhofer et al., 2014). Desde una perspectiva neurobiológica, la luz natural actúa como un modulador clave del sistema endocrino y del sistema nervioso central, regulando hormonas como la melatonina y el cortisol, fundamentales en la organización temporal de los procesos fisiológicos y en el equilibrio del estado de ánimo (Bilu et al., 2020). Asimismo, evidencia reciente en biología circadiana indica que estos mecanismos no solo afectan la regulación del sueño, sino también la función mitocondrial, incluyendo la producción de energía celular, el metabolismo y la homeostasis redox. El sistema circadiano coordina temporalmente la actividad metabólica de las células, optimizando la eficiencia bioenergética cuando existe una adecuada sincronización con los ciclos de luz ambiental (Patke et al., 2020; Manella & Asher, 2016).

Por otra parte, la radiación solar incorpora un espectro de longitudes de onda que incluye componentes de alta energía, como la luz visible en el rango azul ($\approx 400\text{--}420\text{ nm}$), que han demostrado efectos antimicrobianos mediante la generación de especies reactivas de oxígeno capaces de inactivar bacterias y hongos (Macleay et al., 2014). En el ámbito del ambiente construido, se ha evidenciado que los espacios interiores con acceso a luz natural presentan una reducción significativa en la viabilidad bacteriana en comparación con ambientes sin iluminación natural, lo que sugiere un efecto pasivo de control microbiológico en interiores (Klepeis et al., 2001; Kembel et al., 2012).

En este contexto, la orientación noreste y la captación de luz natural matinal no solo contribuyen al confort ambiental, sino que pueden interpretarse como una estrategia terapéutica pasiva, capaz de influir en procesos biológicos multiescales —desde la regulación circadiana hasta la eficiencia metabólica celular y el control microbiológico del ambiente—, reforzando el rol de la arquitectura hospitalaria como un modulador activo del bienestar y la recuperación del paciente.

8. Conclusiones

El partido general hospitalario debe entenderse como un sistema cognitivo que organiza la percepción del usuario, donde la claridad en la configuración espacial, la jerarquía de accesos y la diferenciación formal permiten construir mapas mentales eficientes. Esta legibilidad reduce la carga cognitiva, facilita la orientación y disminuye la ansiedad, evidenciando que el diseño arquitectónico no solo organiza funciones, sino que impacta directamente en la experiencia emocional y cognitiva del usuario.

La tipología polibloque se consolida como una estrategia eficaz al establecer una correspondencia directa entre forma y función, permitiendo que cada unidad hospitalaria sea reconocible desde el exterior. Esta diferenciación volumétrica activa procesos de reconocimiento espacial, reduce la ambigüedad funcional y mejora la toma de decisiones del usuario, disminuyendo la dependencia de señalética y fortaleciendo la orientación intuitiva en entornos complejos.

El espacio intermedio, representado por la plaza cívica, opera simultáneamente como un dispositivo de regulación emocional y como un nodo estructurante del sistema espacial, permitiendo una transición gradual entre ciudad y hospital. La incorporación de vegetación y áreas abiertas contribuye a la reducción del estrés, mientras que su condición de nodo facilita la distribución de flujos y la comprensión del conjunto, integrando dimensiones urbanas, funcionales y neurocognitivas en una sola operación de diseño.

La orientación y captación de luz natural matinal constituyen una estrategia terapéutica que trasciende el confort ambiental, al influir en la regulación circadiana, el estado de ánimo, el sueño y la recuperación clínica. La evidencia indica que estos efectos se extienden a nivel neurobiológico y celular, impactando procesos metabólicos y fisiológicos, por lo que la luz natural debe ser considerada como un componente activo del diseño hospitalario, capaz de integrar arquitectura y salud en múltiples escalas.

Referencias

- Bernhofer, E. I., Higgins, P. A., Daly, B. J., Burant, C. J., & Hornick, T. R. (2014). Hospital lighting and its association with sleep, mood and pain in medical inpatients. *Journal of Advanced Nursing*, 70(5), 1164–1173. <https://doi.org/10.1111/jan.12260>
- Bilu, C., Kronfeld-Schor, N., Einat, H., & Kronfeld-Schor, N. (2020). Effects of daytime light exposure on circadian rhythms and mood. *Scientific Reports*, 10, 12344. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-76636-8>
- Blume, C., Garbazza, C., & Spitschan, M. (2019). Effects of light on human circadian rhythms, sleep and mood. *Somnologie*, 23(3), 147–156. <https://doi.org/10.1007/s11818-019-00215-x>
- Devlin, A. S. (2014). Wayfinding in healthcare facilities. *HERD: Health Environments Research & Design Journal*.
- Epstein, R. A., et al. (2017). The cognitive map in humans. *Nature Neuroscience*.
- Higuera-Trujillo, J. L., et al. (2021). Environmental psychology and neuroarchitecture. *Frontiers in Psychology*.
- Kaplan, R., & Kaplan, S. (1989). *The experience of nature*. Cambridge University Press.
- Kembel, S. W., et al. (2012). Architectural design influences the diversity and structure of the built environment microbiome. *The ISME Journal*, 6(8), 1469–1479.
- Klepeis, N. E., et al. (2001). The National Human Activity Pattern Survey (NHAPS). *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, 11, 231–252.
- Lynch, K. (1960). *The image of the city*. MIT Press.
- Maclean, M., MacGregor, S. J., Anderson, J. G., & Woolsey, G. A. (2014). High-intensity narrow-spectrum light inactivation of bacteria. *Journal of Hospital Infection*, 86(4), 245–252.
- Manella, G., & Asher, G. (2016). The circadian nature of mitochondrial biology. *Frontiers in Endocrinology*, 7, 162.
- Nowak, D. J., et al. (2006). Air pollution removal by urban trees. *Environmental Pollution*.
- O’Keefe, J., & Nadel, L. (1978). *The hippocampus as a cognitive map*. Oxford University Press.

- Passini, R. (1992). *Wayfinding in architecture*. Van Nostrand Reinhold.
- Patke, A., Young, M. W., & Axelrod, S. (2020). Molecular mechanisms and physiological importance of circadian rhythms. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, 21(2), 67–84.
- Pennings, J. M. (2018). *Lighting in hospitals: Impact on patients and staff* (Master's thesis, Wageningen University). <https://edepot.wur.nl/454641>
- Ulrich, R. S. (1984). View through a window may influence recovery. *Science*, 224(4647), 420–421.
- Walch, J. M., et al. (2005). The effect of sunlight on postoperative analgesic medication use. *Psychosomatic Medicine*, 67(1), 156–163.
- Wilson, E. O. (1984). *Biophilia*. Harvard University Press.
- Wirz-Justice, A. (2021). The relevance of daylight for humans. *Progress in Neurobiology*, 199, 101933. <https://doi.org/10.1016/j.pneurobio.2020.101933>

Abstract: This study analyzes the overall layout design of the Hospital de Chillán from a neuroarchitecture perspective, addressing the relationship between urban siting, polyblock hospital typology, and cognitive processes associated with spatial orientation and stress reduction. Based on a qualitative case study approach, variables such as legibility, cognitive load, spatial organization, and exposure to natural light are examined. The results suggest that volumetric fragmentation, integration with the urban context, and the incorporation of intermediate spaces significantly contribute to improving the user experience, facilitating navigation, and promoting well-being.

Keywords: neuroarchitecture - hospital architecture - spatial orientation - cognitive load - legibility - stress reduction - natural light - healthcare environments - user experience

Resumo: Este estudo analisa o desenho do partido geral do Hospital de Chillán sob a perspectiva da neuroarquitetura, abordando a relação entre implantação urbana, tipologia hospitalar em poliblocos e processos cognitivos associados à orientação espacial e à redução do estresse. A partir de um estudo de caso com abordagem qualitativa, são examinadas variáveis como legibilidade, carga cognitiva, organização espacial e exposição à luz natural. Os resultados sugerem que a fragmentação volumétrica, a integração com o entorno urbano e a incorporação de espaços intermediários contribuem significativamente para melhorar a experiência do usuário, facilitando a navegação e promovendo o bem-estar.

Palavras-chave: neuroarquitetura - arquitetura hospitalar - orientação espacial - carga cognitiva - legibilidade - redução do estresse - luz natural - ambientes de saúde - experiência do usuário

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

Andrea Núñez C. es arquitecta por la Universidad del Bío-Bío (Chile), especializada en arquitectura hospitalaria y coordinación BIM. Cuenta con más de 16 años de experiencia en el diseño de infraestructura de salud pública y privada, participando en proyectos de alta y baja complejidad que superan los 400.000 m² desarrollados. Se desempeña como Arquitecta Principal en AN Design Studio, liderando proyectos de clínicas, hospitales y centros de salud. Ha participado en la coordinación BIM de obras de gran escala como hospitales en Curicó, Cochrane y Lebu. Asimismo, se desempeña como docente en diplomados vinculados a BIM y neuroarquitectura

Arquitectura, emoción y experiencia espacial. Contribuciones de la neurociencia al estudio del entorno construido

Marta Lapid-Volosin⁽¹⁾

Resumen: La relación entre arquitectura y emociones adquirió creciente relevancia en las últimas décadas a partir del desarrollo de la neurociencia y de enfoques interdisciplinarios como la neuroarquitectura. Esta disciplina propone analizar cómo el entorno construido interactúa con los procesos perceptivos, cognitivos y emocionales del cerebro humano.

La experiencia de los espacios, además de responder a funciones y condiciones materiales, está mediada por sistemas neuronales que integran estímulos sensoriales con memoria, emoción y expectativas. Elementos del diseño como la luz, la escala, las proporciones, los materiales o la organización espacial influyen en la forma en que las personas perciben y experimentan un ambiente.

Diversos estudios provenientes de la neurociencia y de la psicología ambiental muestran que los entornos pueden modular estados emocionales, niveles de estrés, atención y bienestar.

Este artículo propone una reflexión sobre los vínculos entre arquitectura, percepción y emoción a partir del análisis de aportes de la neurociencia que permiten comprender cómo el cerebro procesa la experiencia espacial. El objetivo es contribuir al diálogo interdisciplinario entre arquitectura y ciencias del cerebro, explorar de qué manera estos conocimientos pueden enriquecer la comprensión del habitar humano y ofrecer nuevas perspectivas para el diseño de espacios más sensibles a la experiencia de quienes los habitan.

Palabras clave: neuroarquitectura - emociones - percepción espacial - experiencia del espacio - neurociencia - arquitectura - bienestar - entorno construido - cognición.

[Resúmenes en inglés y portugués en la página 194]

(1) Ver CV en pág. 196

Introducción

La arquitectura no solo organiza funciones y resuelve problemas técnicos: también configura experiencias. Los espacios que habitamos influyen en cómo nos sentimos, cómo pensamos y cómo interactuamos con los demás. Aunque esta dimensión experiencial fue

reconocida históricamente por arquitectos y teóricos del diseño, en las últimas décadas se desarrolló un creciente diálogo entre arquitectura y neurociencia orientado a comprender cómo los entornos construidos influyen en la experiencia humana.

Este intercambio interdisciplinario dio origen a un campo de investigación conocido como neuroarquitectura, que propone integrar conocimientos provenientes de la arquitectura, la psicología ambiental y las ciencias del cerebro para estudiar la relación entre espacio y experiencia humana (Eberhard, 2009). Investigaciones recientes continúan ampliando este enfoque al analizar cómo la percepción de los entornos construidos influye en procesos cerebrales vinculados con la emoción, la cognición y el bienestar (Abbas et al., 2024). La experiencia del espacio arquitectónico no se limita a la percepción visual de formas y materiales. La arquitectura involucra múltiples dimensiones sensoriales que participan en la manera en que los individuos perciben y habitan los espacios. La experiencia arquitectónica es esencialmente corporal y multisensorial, en la medida en que involucra la vista, el tacto, el movimiento y la percepción del entorno (Pallasmaa, 2012).

Más que establecer reglas rígidas de diseño, este enfoque busca enriquecer la comprensión de la experiencia espacial incorporando conocimientos provenientes de la investigación sobre percepción, emoción y comportamiento. Desde esta perspectiva, la experiencia de un ambiente resulta de la interacción entre sus características físicas y la manera en que el cerebro las percibe, interpreta y les asigna significado.

El cerebro como mediador de la experiencia espacial

El cerebro interpreta la información sensorial, la compara con experiencias previas y construye una representación significativa del entorno. Este proceso involucra redes neuronales que integran información visual, auditiva, táctil y propioceptiva con sistemas relacionados con la memoria y la emoción.

Los espacios arquitectónicos generan una amplia variedad de estímulos sensoriales - luz, colores, texturas, temperatura, escala, sonido o ritmo espacial - que son procesados por sistemas perceptivos en interacción con estructuras cerebrales implicadas en la evaluación emocional de la experiencia.

Las emociones desempeñan un papel central en este proceso. Desde la neurociencia se las define como respuestas complejas del organismo ante estímulos relevantes del entorno que incluyen componentes fisiológicos, cognitivos y conductuales (LeDoux, 2012). Muchas de estas respuestas se producen de manera rápida y automática, antes de que intervengan procesos conscientes de reflexión. Por ello, un ambiente puede generar sensaciones de calma, tensión, seguridad o incomodidad incluso antes de que la persona pueda explicar racionalmente su origen.

En la última década, la neurociencia comenzó a explorar de manera empírica la experiencia arquitectónica, analizando cómo los procesos perceptivos, cognitivos y emocionales influyen en la forma en que las personas perciben y evalúan los espacios (Coburn, Vartanian & Chatterjee, 2017; Vartanian et al., 2013; Zhang et al., 2025).

En este contexto, la investigación en neurociencia cognitiva identificó sistemas cerebrales específicos involucrados en la percepción y en la representación del espacio. Con el uso de neuroimágenes se observó como ciertas regiones corticales, especializadas en el procesamiento de escenarios, responden selectivamente a estímulos provenientes de lugares o configuraciones espaciales (Epstein & Kanwisher, 1998). Una de las regiones más estudiadas es la Parahippocampal Place Area (PPA) la que, ubicada en el lóbulo temporal, participa en el reconocimiento y codificación de la estructura espacial del entorno.

Estos procesos se articulan con la actividad del hipocampo, una estructura clave para la memoria y la representación espacial. Neuronas conocidas como *place cells* o células de lugar, se activan cuando una persona se encuentra en ubicaciones específicas de un ambiente. Otro tipo de neuronas, las *grid cells* o células de red, localizadas en la corteza entorrinal, funcionan como un sistema interno de coordenadas espaciales. Junto con las células de lugar, contribuyen a la formación de mapas cognitivos, es decir, representaciones mentales del espacio que permiten orientarse, recordar trayectorias y anticipar recorridos (O'Keefe & Nadel, 1978; Moser et al., 2008).

De este modo, la experiencia del espacio arquitectónico trasciende la percepción visual inmediata e involucra procesos de memoria, navegación y construcción de significado espacial que se desarrollan en interacción con el entorno.

Emoción, memoria y toma de decisiones en el entorno construido

Las emociones influyen no solo en cómo percibimos los espacios, sino también en la memoria, la atención y la toma de decisiones.

La participación de estructuras del sistema límbico, como la amígdala, en la evaluación emocional de los estímulos y en la formación de memorias asociadas a experiencias significativas está ampliamente documentada. Por esta razón, la percepción de un entorno agradable o amenazante puede influir en el comportamiento y orientar la toma de decisiones.

La corteza prefrontal, por su parte, interviene en funciones ejecutivas como la planificación, el control de impulsos y la regulación emocional. La interacción entre estos sistemas facilita que la toma de decisiones integre tanto información cognitiva como señales emocionales.

En el contexto de la arquitectura, esto implica que los espacios pueden favorecer o dificultar determinados estados emocionales y, en consecuencia, influir en la concentración, el estrés, la interacción social y el bienestar.

Neuroarquitectura y experiencia del espacio

La neuroarquitectura no busca reducir la arquitectura a procesos biológicos, sino comprender de qué manera el diseño del entorno puede interactuar con los mecanismos perceptivos y emocionales del cerebro.

Uno de los conceptos relevantes en este campo es el de neuroplasticidad, es decir, la capacidad del cerebro para modificar sus conexiones neuronales en función de la experiencia. Los entornos en los que vivimos y trabajamos forman parte de esas experiencias y, a lo largo del tiempo, influyen en el funcionamiento cerebral.

Desde esta perspectiva, el diseño de espacios adquiere una dimensión adicional. Los ambientes no solo organizan actividades humanas, sino que también contribuyen a generar condiciones que favorecen el bienestar, la interacción social y la calidad de vida.

Mente y cuerpo en movimiento

Las teorías de la cognición corporizada (*embodied cognition*) reforzaron la idea de que la experiencia del espacio físico no es exclusivamente visual ni abstracta, sino profundamente ligada al cuerpo y al movimiento. Percibir el ambiente implica la interacción entre sistemas sensoriales, acción motora y contexto espacial.

Caminar, orientarse, aproximarse o evitar determinados recorridos forman parte de la manera en que el cerebro comprende y representa el espacio. De allí que la arquitectura no se experimente solo como forma o imagen, sino como una trayectoria vivida en la que percepción, emoción y movimiento se integran en una experiencia situada.

Esta interacción entre percepción, acción y entorno también participa en procesos fisiológicos más amplios vinculados con la regulación del estrés.

Percepción del espacio, estrés y bienestar

En las últimas décadas, la investigación sobre estrés amplió la comprensión de este proceso más allá de las situaciones excepcionales de amenaza. Actualmente se lo entiende como un sistema adaptativo que permite al organismo evaluar continuamente las demandas del entorno y ajustar sus respuestas fisiológicas y conductuales.

Desde el punto de vista neurobiológico, la respuesta al estrés involucra la interacción entre el sistema nervioso, el sistema endocrino y el sistema inmune. Estructuras como el hipocampo, la amígdala y la corteza prefrontal participan en la evaluación de los estímulos ambientales y en la regulación del eje hipotálamo-hipofisario-adrenal (HPA), uno de los principales sistemas responsables de la liberación de cortisol y de la adaptación fisiológica al estrés (McEwen & Akil, 2020).

En este contexto, el ambiente arquitectónico forma parte de las condiciones ambientales que el organismo evalúa de manera constante. Factores como la iluminación, la presencia de vegetación, las vistas al exterior, la densidad espacial o la calidad sensorial de los espacios influyen en los procesos fisiológicos asociados con la regulación del estrés.

La presencia de luz natural o vistas hacia la naturaleza se asocia con una reducción de indicadores fisiológicos y psicológicos de estrés (Ulrich, 1984). Distintos indicadores de salud física y mental muestran correlaciones consistentes entre mayor acceso a áreas verdes

y mejores niveles de bienestar y salud poblacional (Kondo et al., 2018). Asimismo, el contacto con entornos naturales constituye uno de los factores ambientales más asociados al bienestar psicológico en contextos urbanos (Bratman et al., 2019; Elazab & Eltawil, 2025). Es decir que, el diseño del entorno construido no resulta neutral desde el punto de vista fisiológico. Aunque estos hallazgos no implican la existencia de soluciones universales para el diseño, sugieren que las características del ambiente arquitectónico pueden contribuir tanto a mitigar como a intensificar condiciones asociadas con el estrés en la vida cotidiana.

Conclusiones

La arquitectura forma parte del entramado de experiencias que configuran nuestra vida cotidiana. Los espacios que habitamos son más que estructuras físicas: constituyen entornos perceptivos que interactúan de manera constante con nuestros sistemas sensoriales, cognitivos y emocionales.

El diálogo entre arquitectura y neurociencia abre una oportunidad significativa para comprender estas interacciones desde nuevas perspectivas. En este contexto, el aporte de la neuroarquitectura no reside en ofrecer recetas de diseño, sino en ampliar las preguntas que formulamos sobre la relación entre el espacio construido y la experiencia humana.

Esta disciplina enfrenta aún importantes desafíos metodológicos, especialmente en lo que respecta a la integración de métodos provenientes de la arquitectura, la psicología ambiental y la neurociencia (de Paiva, 2025).

Los avances en neurociencia permiten explorar con mayor precisión cómo procesos como la percepción, la emoción, la memoria y el movimiento participan en la manera en que las personas experimentan y recuerdan los espacios. Integrar estas perspectivas en la reflexión arquitectónica contribuye a pensar el entorno construido como parte de las condiciones que influyen en el bienestar, la regulación del estrés y la vida social.

Desde esta perspectiva, comprender la dimensión neurobiológica de la experiencia espacial permite reconocer el papel activo del entorno construido en la manera en que percibimos, sentimos y habitamos el mundo.

Referencias

- Abbas, S., Okdeh, N., Roufayel, R., Kovacic, H., Sabatier, J.-M., Fajloun, Z., & Abi Khattar, Z. (2024). *Neuroarchitecture: How the perception of our surroundings impacts the brain*. *Biology*, 13(4), 220. <https://doi.org/10.3390/biology13040220>
- Bratman, G. N., Anderson, C. B., Berman, M. G., Cochran, B., de Vries, S., Flanders, J., Folke, C., Frumkin, H., Gross, J. J., Hartig, T., Kahn, P. H., Jr., Kuo, M., Lawler, J. J., Levin, P. S., Lindahl, T., Meyer-Lindenberg, A., Ouyang, Z., Roe, J., Scarlett, L., ... Daily, G. C. (2019). *Nature and mental health: An ecosystem service perspective*. *Science Advances*, 5(7). <https://doi.org/10.1126/sciadv.aax0903>

- 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. https://doi.org/10.1162/jocn_a_01146
- de Paiva, A. (2025). Methodological challenges in neuroarchitecture: Towards a better understanding of how architecture affects cognitive reserve. *Intelligent Buildings International*, 17(1), 4–12.
- Eberhard, J. P. (2009). *Brain landscape: The coexistence of neuroscience and architecture*. Oxford University Press.
- Elazab, E., & Eltawil, A. (2025). Bridging the gap between neuroarchitecture, artificial intelligence and sustainability: A systematic review of mental health in the built environment. *Journal of Engineering Sciences*, 53(5), 688–705.
- Epstein, R., & Kanwisher, N. (1998). A cortical representation of the local visual environment. *Nature*, 392, 598–601. <https://doi.org/10.1038/33402>
- Kondo, M. C., Fluehr, J. M., McKeon, T., & Branas, C. C. (2018). Urban green space and its impact on human health. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(3), 445. <https://doi.org/10.3390/ijerph15030445>
- LeDoux, J. (2012). Rethinking the emotional brain. *Neuron*, 73(4), 653–676. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2012.02.004>
- McEwen, B. S., & Akil, H. (2020). Revisiting the stress concept: Implications for affective disorders. *Journal of Neuroscience*, 40(1), 12–21. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0733-19.2019>
- Moser, E. I., Kropff, E., & Moser, M. B. (2008). Place cells, grid cells, and the brain's spatial representation system. *Annual Review of Neuroscience*, 31, 69–89. <https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.31.061307.090723>
- O'Keefe, J., & Nadel, L. (1978). *The hippocampus as a cognitive map*. Oxford University Press.
- Pallasmaa, J. (2012). *The eyes of the skin: Architecture and the senses (3rd ed.)*. Wiley.
- Ulrich, R. S. (1984). View through a window may influence recovery from surgery. *Science*, 224(4647), 420–421. <https://doi.org/10.1126/science.6143402>
- Vartanian, O., Navarrete, G., Chatterjee, A., Fich, L. B., Leder, H., Modroño, C., Nadal, M., Rostrup, N., & Skov, M. (2013). Impact of contour on aesthetic judgments and approach-avoidance decisions in architecture. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(Suppl. 2), 10446–10453. <https://doi.org/10.1073/pnas.1301227110>
- Zhang, Y., et al. (2025). The implications of EEG neurophysiological data in human-centered architectural design: A systematic review and bibliometric analysis. *Journal of Environmental Psychology*, 103.

Abstract: The relationship between architecture and emotions has gained increasing relevance in recent decades, driven by advances in neuroscience and interdisciplinary approaches such as neuroarchitecture. This field proposes to analyze how the built environment interacts with the perceptual, cognitive, and emotional processes of the human brain.

The experience of space, beyond responding to functional and material conditions, is mediated by neural systems that integrate sensory stimuli with memory, emotion, and expectations. Design elements such as light, scale, proportions, materials, and spatial organization influence how people perceive and experience an environment.

Numerous studies from neuroscience and environmental psychology show that environments can modulate emotional states, stress levels, attention, and well-being.

This article offers a reflection on the relationships between architecture, perception, and emotion through the analysis of contributions from neuroscience that help explain how the brain processes spatial experience. The aim is to contribute to the interdisciplinary dialogue between architecture and brain sciences, to explore how this knowledge can enrich the understanding of human habitation, and to provide new perspectives for designing spaces that are more attuned to the experience of their users.

Keywords: neuroarchitecture - emotions - spatial perception - spatial experience - neuroscience - architecture - well-being - built environment - cognition

Resumo. A relação entre arquitetura e emoções adquiriu crescente relevância nas últimas décadas, a partir do desenvolvimento da neurociência e de abordagens interdisciplinares como a neuroarquitetura. Essa disciplina propõe analisar como o ambiente construído interage com os processos perceptivos, cognitivos e emocionais do cérebro humano.

A experiência dos espaços, além de responder a funções e condições materiais, é mediada por sistemas neurais que integram estímulos sensoriais com memória, emoção e expectativas. Elementos de projeto como a luz, a escala, as proporções, os materiais e a organização espacial influenciam a forma como as pessoas percebem e experienciam um ambiente.

Diversos estudos provenientes da neurociência e da psicologia ambiental mostram que os ambientes podem modular estados emocionais, níveis de estresse, atenção e bem-estar.

Este artigo propõe uma reflexão sobre as relações entre arquitetura, percepção e emoção a partir da análise de contribuições da neurociência que permitem compreender como o cérebro processa a experiência espacial. O objetivo é contribuir para o diálogo interdisciplinar entre arquitetura e ciências do cérebro, explorar de que maneira esses conhecimentos podem enriquecer a compreensão do habitar humano e oferecer novas perspectivas para o projeto de espaços mais sensíveis à experiência de seus usuários.

Palavras-chave: neuroarquitetura - emoções - percepção espacial - experiência do espaço - neurociência - arquitetura - bem-estar - ambiente construído - cognição

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

Marta Lapid-Volosin es Bioquímica (UNC) y Doctora en Neurociencia (INIMEC-UNC, defensa UBA). Se ha desempeñado como Profesora Asociada con dedicación exclusiva en la Facultad de Ciencias Químicas (UNC) e Investigadora Independiente del CONICET. Ha desarrollado actividad académica y científica internacional como investigadora y docente en Rutgers University y en Weill Cornell Medical College (EE. UU.). Su trabajo se centra en neurociencia, con especial interés en la relación entre cerebro, comportamiento y entorno. Asimismo, se especializa en comunicación pública de la ciencia, participando activamente en divulgación a través de medios y plataformas digitales

Neuroarquitectura educativa: diseñar espacios que respeten la diversidad

María del Pilar Pinzón Rueda⁽¹⁾

Resumen: A pesar de los avances significativos en los modelos pedagógicos y en el uso de tecnologías educativas, los espacios escolares continúan respondiendo, en gran medida, a lógicas tradicionales que no reconocen la diversidad de los estudiantes. La neuroarquitectura educativa surge como un enfoque interdisciplinar que articula las neurociencias, la arquitectura y la educación para comprender cómo los entornos físicos influyen en los procesos cognitivos, emocionales y conductuales implicados en el aprendizaje.

El presente artículo tiene como objetivo analizar la importancia del diseño de escenarios educativos inclusivos desde los principios del diseño universal, enfatizando la necesidad de crear espacios accesibles para todos los estudiantes, incluidos aquellos con discapacidad. En este marco, se propone comprender el espacio educativo como un agente pedagógico activo, cuya coherencia con los modelos educativos contemporáneos resulta fundamental para favorecer procesos de aprendizaje más equitativos.

Palabras clave: neuroarquitectura - educación inclusiva - diseño universal - accesibilidad cognitiva - entornos de aprendizaje

[Resúmenes en inglés y portugués en la página 214]

(1) Ver CV en pág. 215

Introducción

Al ingresar a un espacio —ya sea una escuela, un museo o un parque de diversiones— se establece una relación entre este y las sensaciones y percepciones que produce en quien lo visita. La experiencia en el lugar se encuentra mediada tanto por recuerdos previos como por experiencias en otros entornos. De este modo, en pocos segundos, una persona puede anticipar si la vivencia será o no grata.

Desde hace tiempo, la arquitectura y el diseño han reconocido la influencia que los espacios ejercen sobre las percepciones humanas. En este sentido, diversas civilizaciones y

culturas han configurado los entornos que habitan otorgando características particulares a espacios sagrados, plazas, hogares y otros ámbitos de relevancia comunitaria.

En este marco, surge la neuroarquitectura como un campo que rescata la importancia de la influencia del entorno construido en los procesos cognitivos y de pensamiento del ser humano. Ya en el siglo I a. C., Vitruvio planteaba que la arquitectura debía nutrirse de diversas disciplinas; en continuidad con esta idea, la neuroarquitectura se configura como un diálogo bidireccional entre las neurociencias y el diseño arquitectónico, orientado a comprender la relación entre la mente y el espacio físico.

En el ámbito educativo, esta disciplina adquiere especial relevancia, dado que el entorno donde se desarrollan los procesos de aprendizaje constituye un factor significativo en la generación de conocimiento y en la motivación para el desarrollo de distintas capacidades. Tal como señalan Howard Gardner y Hatch (1989) en la teoría de las inteligencias múltiples, los individuos poseen la capacidad de desarrollar distintos tipos de inteligencia, y en este contexto el espacio puede actuar como un elemento que favorece o limita las experiencias cognitivas, en función de las condiciones de confort o incomodidad que presenta.

En la actualidad, el concepto de escuela inclusiva —o escuela para todos— cobra cada vez mayor relevancia. No obstante, su materialización requiere una transformación profunda de los espacios educativos, incorporando los aportes de las neurociencias y la neuroeducación. En este sentido, resulta fundamental la implementación de criterios de diseño universal y accesibilidad, con el objetivo de generar entornos que promuevan procesos de aprendizaje para todos los estudiantes.

A pesar de que en Colombia, desde la Ley 361 de 1997, se han establecido lineamientos en torno a la educación inclusiva, aún persisten desafíos para que las instituciones educativas puedan considerarse plenamente inclusivas. En este contexto, se vuelve necesario fortalecer la articulación entre arquitectura y educación, promoviendo una concepción más humanizada del diseño de los espacios.

La neuroarquitectura aplicada al aprendizaje propone un diálogo entre la forma en que el cerebro percibe, aprende, disfruta y recuerda, y el diseño de los espacios que se habitan. Su objeto de estudio se centra en comprender cómo el cerebro se relaciona con el entorno. A lo largo del tiempo, distintos modelos pedagógicos —como el método Montessori— han evidenciado que la disposición del espacio puede generar experiencias significativas que favorecen el desempeño académico e intelectual de los estudiantes.

Si bien existen desarrollos teóricos vinculados al color, la iluminación, los materiales y otros aspectos del diseño, la escuela suele configurarse como un entorno cargado de estímulos visuales. Sin embargo, un sector de la población ha sido históricamente excluido de estos espacios: los niños con discapacidad y aquellos que enfrentan barreras para el aprendizaje, ya sean actitudinales, arquitectónicas, de acceso a la información o vinculadas al desarrollo de habilidades cognitivas.

Cabe destacar que el artículo 9 de la Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad (2006) establece que el acceso y la comprensión de los entornos y servicios de uso público constituyen un derecho universal. En este marco, la presente propuesta se plantea los siguientes objetivos:

- Ser una guía para instituciones educativas y profesionales, orientada al diseño de escenarios educativos más sensibles y accesibles, a partir del análisis del espacio arquitectónico escolar desde los principios de la neuroarquitectura, favoreciendo condiciones de seguridad, confort y autonomía.
- Analizar los beneficios de la implementación de los principios de la neuroarquitectura en la educación inclusiva de niños con discapacidad cognitiva.
- Recopilar bibliografía vinculada a la neuroarquitectura en entornos educativos.
- Proponer lineamientos que contribuyan a mejorar el diseño de espacios educativos desde el enfoque del diseño universal.
- Identificar cómo la aplicación de la neuroarquitectura en el espacio educativo puede potenciar el desarrollo de funciones mentales superiores en niños con discapacidad cognitiva.

Diseñar espacios arquitectónicos que respondan a las necesidades educativas actuales y futuras constituye una necesidad creciente en las instituciones educativas. El estudio de la influencia del entorno en las emociones y percepciones humanas ha sido abordado históricamente desde distintas culturas, evidenciando cómo la configuración de los espacios incide en los modos de vida y en las experiencias de quienes los habitan.

A continuación, se presentan los principales aportes de la neuroarquitectura para la creación de escenarios educativos accesibles e inclusivos

Aspectos generales de la neuroarquitectura

La neuroarquitectura es una disciplina que establece un diálogo entre las neurociencias y el diseño del proyecto arquitectónico. En este sentido, Gutiérrez (2018) destaca la importancia de generar articulaciones entre estas dos áreas del conocimiento, mientras que Quinceno Castrillón (2009) enfatiza la necesidad de fortalecer este vínculo especialmente en ámbitos educativos.

Otro aspecto relevante, tal como lo plantea Mombriedo Lozano (2019), es la consideración de las funciones mentales superiores —como la memoria, la atención, el aprendizaje y el lenguaje— como objeto de estudio para quienes desarrollan proyectos arquitectónicos de tipo educativo. En esta misma línea, Montiel Vaquer (2017) retoma los aportes de la psicología ambiental como antecedente de la neuroarquitectura, destacando su relevancia en la creación de espacios y ciudades autosostenibles.

Para avanzar hacia la generación de proyectos arquitectónicos inclusivos, resulta fundamental realizar la valoración de experiencias y proyectos existentes. En este sentido, Raedó y Atrio Cerezo (2018) revisan diversos casos que incorporan la accesibilidad y el diseño universal como ejes centrales. Por su parte, Bose (2009) subraya el potencial de la neuroarquitectura para promover, a través de la educación inclusiva, el desarrollo de los pueblos. Asimismo, Barliana et al. (2016) presentan una investigación comparativa sobre

edificaciones destinadas a la formación vocacional de jóvenes con discapacidad en dos contextos urbanos: Singapur y Chiba, en Japón.

Por otro lado, Hitch et al. (2016) profundizan en cómo el estudio de conceptos vinculados a la neuroarquitectura —como la accesibilidad y el diseño universal— puede incidir en las actitudes de los estudiantes de arquitectura frente a la discapacidad. Finalmente, Paiva y Jedon (2019) analizan de qué manera los espacios pueden generar modificaciones en el cerebro de las personas.

Aportes de la neuroarquitectura a la creación de escenarios educativos incluyentes

A pesar de los avances significativos en tecnología y en los modelos pedagógicos durante el último siglo, los escenarios educativos conservan aún notables similitudes con los de la escuela tradicional: aulas cerradas, dispositivos que reemplazan al tablero de tiza —como pizarras o proyectores— y dinámicas donde el docente continúa siendo el centro del proceso educativo, en contraste con los enfoques constructivistas que sitúan al estudiante como protagonista del aprendizaje.

En este contexto, Eberhard (2009a), cofundador de la Academy of Neuroscience for Architecture (ANFA), plantea que la integración entre neurociencia, biofilia y psicología ambiental puede facilitar la creación de espacios arquitectónicos enriquecidos, capaces de promover experiencias de aprendizaje inclusivas.

Por su parte, Bingler (1995) resalta la importancia de que la comunidad educativa analice el impacto de las edificaciones y los entornos de aprendizaje en relación con su relevancia cultural y emocional. En la actualidad, las instituciones educativas están llamadas a promover espacios que integren nuevas tecnologías, criterios de inclusión basados en el diseño universal y enfoques pedagógicos como Reggio Emilia (1945), Montessori (1912) y la teoría de las inteligencias múltiples de Howard Gardner (1983).

La escuela, más allá de ser un centro de aprendizaje, constituye un espacio multicultural que debe favorecer el desarrollo de todos los miembros de la comunidad. En este sentido, sus configuraciones espaciales deben responder tanto a las nuevas perspectivas educativas como a las características de las generaciones actuales, atravesadas por entornos tecnológicos. Esto implica promover espacios que estimulen el deseo de aprender, superen modelos centrados en la memorización y la disciplina, y favorezcan enfoques pedagógicos que prioricen la creatividad, la innovación y el rol activo del estudiante. En este marco, los avances de la neuroarquitectura adquieren un potencial significativo.

La ANFA, creada en el año 2003, sostiene que el desarrollo de la neuroarquitectura continuará creciendo de forma exponencial, consolidando una tendencia orientada a comprender la relación entre el espacio y los procesos de aprendizaje significativo (Eberhard, 2009b). Desde su creación, ha promovido investigaciones y espacios de intercambio interdisciplinar entre arquitectos, neurocientíficos y neuropsicólogos, de los cuales han surgido múltiples líneas de investigación.

Entre los principales ejes de estudio vinculados a los sistemas cerebrales se destacan: (i) sensación y percepción, asociadas al funcionamiento de los sentidos; (ii) aprendizaje y memoria; (iii) toma de decisiones; (iv) emoción y afecto; y (v) movimiento, entendido como la forma en que el individuo se relaciona con su entorno (Eberhard, 2009b).

Si bien la neuroarquitectura no ha sido abordada con la misma profundidad que otros campos de las neurociencias, gran parte de la producción teórica reconoce a centros como la ANFA como impulsores del desarrollo conceptual de esta disciplina. En este sentido, la presente propuesta realiza un recorrido teórico por aquellos aportes que permiten comprender la importancia del diseño de espacios accesibles e inclusivos, particularmente en relación con las personas con discapacidad.

Rodríguez et al. (2016), a partir de entrevistas a docentes, identifican factores clave a considerar en el diseño de espacios educativos. Entre los aspectos más valorados se encuentran la iluminación natural, las dimensiones espaciales adecuadas, las condiciones térmicas, la accesibilidad, la ventilación, la protección frente al ruido y la orientación solar. En contraste, otros factores —como la versatilidad del espacio y la distribución interior— no fueron percibidos como prioritarios. Asimismo, el estudio propone lineamientos arquitectónicos orientados a fortalecer los vínculos sociales y emocionales entre los estudiantes. Campora (2019) sostiene que la neurociencia busca comprender los procesos del cerebro y del sistema nervioso, y cómo, a través de ellos, las personas perciben, sienten, piensan y recuerdan. Asimismo, plantea que estos estudios permiten reconocer la importancia de la estimulación multisensorial en los procesos de aprendizaje, los cuales involucran la participación de todos los sentidos. Esta perspectiva resulta especialmente relevante para mejorar las condiciones de vida de la población con discapacidad, posicionando al arquitecto como un actor clave en la generación de entornos que favorezcan el desarrollo cognitivo y comportamental.

En esta línea, Campora (2019) señala que la neuroarquitectura adquiere un rol fundamental en el diseño, considerando que gran parte del tiempo de vigilia de las personas transcurre en entornos construidos que no siempre garantizan condiciones óptimas de confort y bienestar. Por ello, resulta esencial comprender cómo el sistema nervioso interpreta y asimila los espacios en su interacción cotidiana

Parámetros para aplicar la neuroarquitectura en los escenarios educativos

Eberhard (2009b) plantea tener en cuenta cuatro aspectos primordiales a la hora de diseñar espacios:

1. *El sentido emocional del entorno.* Numerosos neurocientíficos han enfatizado en la importancia que tiene la emoción en los procesos de enseñanza-aprendizaje. La neuroarquitectura subraya el poder que tienen los espacios arquitectónicos para impactar de forma positiva y/o negativa sobre el individuo que aprende. Herbert (1998), por su parte, resalta que aquellas escuelas que brindan entornos participativos y coherentes con las necesidades de

la mayor cantidad de alumnos logran que ellos respondan ante dichos escenarios de forma respetuosa, y se motivan de manera más placentera a interactuar con la escuela y a generar mayores relaciones y vínculos con sus pares (como se cita en Eberhard, 2009b).

2. *Las proporciones del espacio.* Meyers-Levy y Zhu (2009, como se cita en Eberhard, 2009b) realizan una investigación donde comparan dos grupos de alumnos de forma independiente e identifican que los techos altos permiten que los estudiantes piensen de forma más diversa, les hace ser más creativos, dar soluciones a retos mayores; en cambio, los techos bajos son mejores para desarrollar trabajos que requieran más concentración.

3. *Iluminación del entorno.* El componente lumínico también constituye un factor para tener en cuenta a la hora de crear espacios educativos que respondan a las necesidades de aprendizaje. Tanner (2014) se ha interesado en analizar el efecto que tienen las diversas intensidades de luz usadas en los espacios educativos, por lo que realizó un estudio con escolares suecos en el que comprobó que, cuando un estudiante era ubicado en un salón con bajo nivel de luminosidad, se presentaba una alteración significativa en sus niveles de cortisol; cuando los niños no dormían lo suficiente y, además, se enfrentaban a aulas con mala iluminación, podrían sufrir incluso efectos similares al denominado *jet lag*; esto pasaba no solo cuando se usaban condiciones inadecuadas de iluminación, sino también cuando se usaba de manera excesiva las pizarras digitales.

4. *Ubicación y relación con el exterior.* Tanner (2014, citado en Eberhard, 2009b) se ha interesado en analizar el efecto que tiene en el estudiante el estar en un escenario educativo que forme parte de un espacio natural, aunque para algunos autores un aula que tenga vista hacia un lugar abierto pudiera ser un detonante de distracción. Autores como Tanner consideran que puede ser un relajante natural de la vista y ayuda al estudiante a generar mayores niveles de concentración.

La neuroarquitectura y las emociones

Según Ekman (2003, como se cita en Paiva & Jedon, 2019), existen seis emociones universales: miedo, disgusto, ira, felicidad, tristeza y sorpresa. A su vez, expresa que las emociones delimitan las maneras en que las personas perciben el mundo y, a su vez, se convierten en un filtro para vivir los entornos. Cuando una edificación afecta las emociones de una persona, esta se relaciona con el ambiente de una forma particular. Son tan importantes tanto las emociones como las funciones mentales, la atención y la memoria, y trabajan de forma conectada en la creación de aprendizajes. Las emociones hacen que los aprendizajes se prolonguen en el tiempo.

Paiva y Jedon (2019) consideran fundamental que los arquitectos que diseñan escenarios educativos tengan en cuenta el impacto que un escenario enriquecido puede tener en la neurogénesis y neuroplasticidad cerebral de los niños. Sin embargo, alertan de no confundir los espacios enriquecidos con la saturación de estímulos, que generaría distracción y desorden. Los entornos desordenados y caóticos generan en el niño efectos negativos en la salud física y mental. Los espacios son generadores de bienestar o estrés a corto y largo plazo, dependiendo de la cantidad de tiempo que sea expuesto el individuo. Factores sencillos

como la distancia que hay a los servicios sanitarios, o la señalética que permita orientarse en el espacio pueden disminuir el estrés de forma significativa.

Aspectos que favorecen la creación de entornos educativos incluyentes

Para que un espacio educativo sea un lugar para todos, se deben tener en cuenta algunos aspectos como los siguientes:

Accesibilidad

Siempre que se toca el tema de la accesibilidad, se habla de respeto a los derechos de todos. Aragall (2010) define accesibilidad como una característica que permite que todos los entornos y espacios puedan ser utilizados por todas las personas, incluso por aquellas que tienen discapacidad, y sin discriminación por género, cultura o edad. Propone que se deben tener seis aspectos en cuenta:

1. Respetuoso: sin exclusiones, atendiendo a la diversidad de personas.
2. Seguro: tener en cuenta minimizar accidentes.
3. Saludable: promover la actividad física y no generar riesgos a la salud.
4. Funcional: que los espacios sirvan para lo que fueron diseñados.
5. Comprensible: claridad en los recorridos.
6. Estético: atractivo, para generar mayor aceptación por los usuarios.

Es imprescindible tener en cuenta, como afirma Aragall (2010), que cuando un espacio es accesible, no solo es mejor para los niños con discapacidad, sino que facilita los procesos para todos. Las rampas pueden ser usadas por niños y maestros que lleven carga extra, o por los empleados de la limpieza o de la cafetería. Una iluminación que favorezca a un estudiante de baja visión será útil también para cuidar la visión de otros niños y de los maestros. Un pavimento que sea antideslizante en seco o en mojado disminuye la posibilidad de accidentes.

Accesibilidad cognitiva

Brusilovsky (2014) define así la accesibilidad cognitiva:

Disposición al alcance de todas las personas que se desenvuelven con autonomía (en el entorno, las infraestructuras y los servicios) de los espacios de uso público (propiedad pública y privada), los objetos y los servicios. Deben diseñarse de forma comprensible y al alcance de sus capacidades y cualidades cognitivas. (p. 225)

Esta disposición debe tener en cuenta las habilidades y capacidades cognitivas de las personas con y sin discapacidad, analizar las funciones mentales y todos los aspectos que puedan ser relevantes en la relación del sistema nervioso central y el espacio arquitectónico. De igual manera, Brusilovsky (2014) identifica algunas estrategias para la orientación espacial, que es parte fundamental de la accesibilidad cognitiva:

1. Romper el efecto laberinto, el cual constituye un riesgo para confundir al usuario.
2. Darle relevancia al espacio distal, aquel que el usuario controla, ya sea por su memoria o por su percepción visual.
3. Proveer una lógica en las estructuras espaciales para que no se basen en encrucijadas, repeticiones y otras dificultades de calidad y cantidad.
4. Proveer aspectos orientadores que estratégicamente se dispongan en las zonas complejas, solo si es necesario introducirlos.
5. Incorporar solo elementos que permitan sacar referencias e inferencias, siempre facilitando la experiencia del usuario. Se debe crear una relación amigable entre individuo y entorno.
6. Usar un idioma de fácil recordación y que esté dentro del dominio del público en general.
7. Promover recursos que hagan comprensible los entornos por medio de cualidades espaciales.

Wayfinding y diseños de sistemas de orientación espacial

García (2012) define el concepto de *wayfinding* como “encontrando el camino”, aunque de forma común se entiende como el proceso de orientación usando información del entorno. Es un ejercicio cognitivo que una persona realiza cuando necesita saber cómo llegar a un lugar o cómo desplazarse en algún espacio, ya sea abierto o cerrado. Además, García (2012) identifica tres procedimientos necesarios en el proceso de orientación:

1. *Procedimiento perceptivo*. Es lo que captan nuestros sentidos, depende de la capacidad de cada individuo.
2. *Procedimientos cognitivos*. Es el procesamiento de la información captada, almacenamiento y toma de decisiones deductivas. Se debe generar un esquema de ruta, constituido por tres componentes: punto de partida, camino y punto de llegada.
3. *Procedimientos de interacción*. En la medida que una persona realice recorridos secuenciales al mismo lugar, creará un mapa mental de rutas que será actualizado de forma periódica con nueva información.

Diseño universal

Aragall (2010) plantea que en Europa se recomienda abordar la accesibilidad teniendo en cuenta el diseño universal. Este considera que todas las personas viven un ciclo vital en el que, en varias ocasiones, se pueden presentar condiciones particulares de movilidad: una mujer en embarazo, la tercera edad, una mujer con un bebé en brazos o llevándolo en un cochecito, personas ciegas o con discapacidades físicas.

Juguetes adaptados para niños con discapacidad cognitiva

En todos los niveles educativos, se han encontrado valiosos aportes del juego en los procesos de aprendizaje de los niños. Por eso, Aragall (2010) destaca algunas indicaciones para la adquisición de juguetes en un colegio donde asisten niños con discapacidad cognitiva:

- Fácil manejo, que permita la autonomía total del niño.
- Sencillo y realista, para que el niño pueda generalizar lo aprendido.
- Atractivos de principio a fin, que mantengan la atención del niño.
- Que se adapte a los ritmos de respuesta de cada niño.
- Que no requiera de altos niveles de exigencia en concentración y atención.
- Que requiera seguir reglas sencillas que puedan ser adaptadas.

Bases neuropsicológicas de la neuroarquitectura de escenarios educativos

La neuroarquitectura, como su nombre lo indica, se vale de los procesos neurológicos del ser humano para entender, interpretar y diseñar de acuerdo con las necesidades de cada individuo. Cuando se habla de neuroarquitectura en escenarios educativos, es imprescindible conocer cuáles son las bases neuropsicológicas del aprendizaje que pueden aportar contexto al diseño y construcción de espacios que favorezcan los procesos de aprendizaje de todos los niños, incluyendo aquellos con discapacidades o talentos excepcionales.

McLean (1949, como se cita en Ruiz, 2016) propone una clasificación llamada “el cerebro triunfo”, teoría altamente criticada por diversos teóricos, pero que, en el plano educativo, facilita la forma de comprender las diversas funcionalidades del cerebro infantil, pues identifica que en el cerebro humano cohabitan tres subsistemas: el reptiliano, el límbico y la neocorteza, los cuales se relacionan de forma constante para producir la conducta humana. Es, evidentemente, una concepción holística que considera que el comportamiento forma parte de un todo y no surge a partir de procesos individuales.

Por tanto, un acercamiento a esta propuesta teórica ofrece una luz para que el docente pueda vislumbrar lo que sucede en el aula, en términos de la interacción entre el cerebro y los procesos de aprendizaje. Este modelo teórico integra de forma preponderante la importancia de plantear propuestas educativas que tengan en cuenta el desarrollo de la inteligencia emocional del estudiante, ya que la emoción y el aprendizaje estarían ligados

indefectiblemente desde esta perspectiva. Por tanto, cuando un estudiante se acerca a un proceso de aprendizaje, son de gran importancia los sentimientos que le genera el profesor y sus compañeros; y si tiene o no un buen ambiente, afectará de forma directa el aprendizaje de nueva información.

Lozanov (1978, como se cita en Ruiz, 2016) considera que existen barreras para el aprendizaje que funcionan como un sistema de alerta. Así, cuando un profesor no transmite confianza o seguridad a su estudiante, él desenfoca su atención de la propuesta educativa y se enfoca en sus sentimientos y pensamientos internos. Esta propuesta se convierte en un reto para el docente y el sistema educativo, donde se vuelve esencial la formación emocional de los profesores para poder tener un acercamiento asertivo y pertinente a sus estudiantes, promoviendo sus capacidades de aprendizaje en un contexto mediado por una sana interacción emocional.

Funciones cognitivas y su importancia en los procesos de aprendizaje

Existe una diversidad de funciones cognitivas que deben tenerse en cuenta en el desarrollo adecuado de los procesos de aprendizaje. Estas son las siguientes:

Velocidad de procesamiento

Se define como la rapidez con se capta la información, se entiende y se comienza a responder. Se relaciona directamente con el proceso de mielinización; por tanto, si existe una mayor mielinización, habrá una mayor velocidad en el procesamiento de la información, lo que significa una mayor eficiencia del sistema nervioso.

Atención

El proceso atencional se encuentra focalizado en el mantenimiento de *inputs*, programas motores, representaciones internas, etcétera. Tiene una vinculación directa con otros procesos cognitivos como la motivación, el autocontrol, la capacidad de adaptación, la memoria, entre otros, convirtiéndose en factor fundamental en los procesos de aprendizaje. Desde los 2 a los 6 años, la atención tendrá una mayor influencia del contexto. El niño estará más atento en ciertas horas, en determinadas actividades y según la percepción de dificultad que tenga frente a estas. A partir de los 4 años y medio, se desarrollan cambios significativos en la atención, lo que está directamente ligado con el proceso de mielinización. A partir de los 5 años, ya existe una fijación en la atención aproximadamente de 14 minutos; de igual manera, se potencia la habilidad de discriminar estímulos relevantes de los irrelevantes.

Desde los 6 a los 12 años, los procesos madurativos avanzan y llegan a un pico de maduración en la adolescencia. En dicho estado, las tareas atencionales pueden lograr niveles similares a los de un adulto promedio. Existen diferentes tipos de atención:

- *Atención selectiva.* Presenta un componente visual que está desarrollado desde las primeras etapas de la infancia; en cambio, el componente auditivo se va consolidando en el

transcurso del desarrollo infantil. La atención selectiva se relaciona de forma directa con la maduración de los procesos de control atencional, lo que sucede aproximadamente a los 11 años. Esto puede estar ligado a la falta de maduración del circuito fronto-estriatal (responsable del control inhibitorio de la conducta) y, a su vez, a la inmadurez de la atención selectiva, que termina de madurar en la adolescencia.

- *Atención sostenida.* Esta capacidad tiene un evidente avance con la edad.

Especialmente en niños en etapa preescolar, está interconectada con la dificultad de la tarea que se va a desarrollar, con la motivación que reciba el niño para ejecutarla, con el acompañamiento de un guía o tutor y la presencia de pares. Estos son factores fundamentales en la atención sostenida, lo que determina el interés del niño en su mantenimiento. Ya entre los 7 y los 9 años, existe un salto evolutivo que aumenta considerablemente la capacidad atencional.

- *Atención dividida.* Se denomina así a la capacidad de poder interactuar con varios estímulos y se relaciona directamente con la madurez de los lóbulos frontales, que solo finaliza en la adolescencia tardía.

Memoria

La memoria es aquella función cognitiva que le permite al individuo almacenar, procesar y recuperar información, aspectos que se ven implicados en toda actividad que realiza. Esta capacidad se desarrolla y modifica con el tiempo. Un cambio en la memoria puede generar modificaciones permanentes en la actividad neuronal.

La memoria tiene diferentes fases de desarrollo: a los 3 meses de vida ya se encuentra en una fase de reconocimiento y se evidencia una preferencia ante determinados estímulos. La permanencia de objeto se adquiere alrededor de los 6 y los 12 meses. A los 4 años, ya la memoria tiene características similares a las del adulto. La memoria inmediata se desenvuelve progresivamente durante todo el ciclo vital.

Existen otras estructuras implicadas en el desarrollo de la memoria, como las estructuras frontales, vinculadas con la fase de evocación y la repetición; las estructuras temporo-mediales, encargadas del reconocimiento; y los ganglios basales, para la regulación de la memoria procedimental. Estas estructuras maduran en etapas cercanas al inicio de la infancia y permiten que el niño adquiera habilidades como gatear, caminar, hablar, etcétera. Las respuestas condicionadas estarán relacionadas con el tronco cerebral y el cerebelo. El hipocampo estaría a cargo de la memoria declarativa y se desarrolla desde los 7 a los 10 meses de vida.

Funciones ejecutivas

Según Lezak (2004, como se cita en Ruiz, 2016), las funciones ejecutivas son aquellas capacidades mentales que permiten que el individuo diseñe objetivos y realice una planeación para alcanzar los objetivos, con un mayor rendimiento. Estas funciones tienen tres componentes:

- Establecimiento de metas, relacionado con la iniciativa, planificación, solución de problemas y estrategias conductuales.

- Flexibilidad cognitiva, la cual permite que el individuo modifique su comportamiento cuando este no sea eficaz; en este componente está la memoria de trabajo, la atención dirigida, la monitorización, la transferencia conceptual y el control emocional.
- Control atencional, que también incluye la atención sostenida y selectiva.

Guía de criterios de neuroarquitectura para facilitar la educación inclusiva

Si la neuroarquitectura se constituye como una disciplina que establece un diálogo entre los aprendizajes y las neurociencias para aplicarlos a la generación de espacios arquitectónicos, es vital que dichos aprendizajes sean utilizados en la creación de escenarios educativos que transformen, desde el espacio, las prácticas pedagógicas rígidas y anticuadas, convirtiéndose en un elemento fundamental que potencie las posibilidades de aprendizaje de todos los estudiantes, incluso aquellos con algún tipo de discapacidad. La relación del estudiante con su colegio debe darse de forma grata, de manera que le permita tener experiencias sensoriales y cognitivas que desarrollen y magnifiquen sus deseos no solo de aprender, sino de adquirir habilidades sociales y, sobre todo, la formación de capacidades cognitivas, emocionales y afectivas, para responder a las demandas de un mundo cambiante y en transformación permanente.

Las habilidades cognitivas que requieren las personas para comprender el entorno se pueden promover desde la infancia y mejorarse en el transcurso de la vida. Es importante que los niños desarrollen estrategias y habilidades de representación de los espacios y los lugares que los rodean; sin embargo, en la mayoría de los currículos no se exploran dichas habilidades de orientación espacial, que son vitales para la movilidad segura de los niños tanto en espacios cerrados como en la ciudad. Aprender claves de orientación en la ciudad, en un parque o en un centro comercial le permite al niño mayor autonomía e independencia en sus desplazamientos habituales. Por tanto, es vital que las escuelas desarrollen escenarios arquitectónicos acordes a las necesidades neurológicas de los niños.

A continuación, se identificarán los principios de la neuroarquitectura que se deben tener en cuenta a la hora de diseñar un aula que incluya a niños con discapacidad cognitiva y otras formas de discapacidad. Entendiendo que todos los niños tienen procesos de aprendizaje diversos, un aula incluyente debe estar diseñada teniendo en cuenta los siete principios del diseño universal.

Principio 1. Uso equitativo

Deben ser aulas que permitan que todos los niños puedan usarlas, aun si tienen alguna discapacidad sensorial o si tienen o no un déficit cognitivo. El diseño ha de ser comprensible para todos; los espacios deben evitar la estigmatización.

Principio 2. Uso flexible

Se debe diseñar un aula considerando la diversidad de ritmos y estilos de aprendizaje; por tanto, tiene que ser fácilmente adaptable y dar diversas opciones de uso. Espacios de trabajo colaborativo; descentrar la atención en el docente y permitir que se generen trabajos en equipo, donde todos puedan aportar; tener en cuenta la pedagogía actual, que está enfocada en el estudiante y en su trabajo con pares, y no en el docente como centro del proceso de aprendizaje, eso hace que se requieran aulas donde los niños se puedan movilizar para trabajar en grupo o de forma individual, cuando así se requiera.

Principio 3. Uso simple e intuitivo

El espacio está diseñado para evitar la complejidad y facilitar el uso de cualquier lugar para todo tipo de usuarios, independientemente de su capacidad cognitiva.

Principio 4. Información perceptible

La información debe poder ser recibida por diversas vías sensoriales: visual, táctil, verbal, en lengua de señas, etcétera. Se sugiere diseñar aulas o espacios multisensoriales que permitan que los niños exploren sentidos que no son tan comúnmente trabajados en ámbitos educativos, como el tacto, el olfato y el gusto. Dichas aulas hacen posible que los niños exploren sensorialmente diversas texturas, olores y sabores, y tengan aprendizajes que generen estimulación neuronal, para lograr aprendizajes significativos.

Principio 5. Tolerancia al error

El diseño del aula debe tener en cuenta que existe el menor riesgo de accidente o de error.

Principio 6. Mínimo esfuerzo físico

Se debe diseñar el espacio evitando que el niño tenga que realizar esfuerzos físicos innecesarios.

Principio 7. Adecuado tamaño de aproximación y uso

El diseño del aula debe proporcionar el tamaño y el espacio suficiente y confortable para que el niño pueda acercarse, alcanzar, maniobrar y usarlo independientemente del tamaño del cuerpo, la postura o la movilidad de este.

Otros criterios para tener en cuenta

La contaminación ambiental es un aspecto importante. Los espacios cercanos a calles con congestión vehicular o próximos a empresas o fábricas distraen la atención neurológica de los niños y provocan malestar y “distrés”. Esto dificulta la posibilidad de que el niño pueda analizar estímulos de gran relevancia y genera barreras para asimilar de forma adecuada la información recibida en el aula. Un aula con un buen aislamiento de ruidos es un facilitador de accesibilidad cognitiva.

La temperatura de las aulas es fundamental a la hora de ofrecer a los niños condiciones óptimas para el aprendizaje. Las aulas muy frías o calientes distraen a los estudiantes y producen incomodidad; e incluso pueden ser causa de enfermedades, deshidratación o transmisión de infecciones respiratorias.

Los colegios deben tener espacios claves, debidamente señalizados, que no requieran necesariamente la presencia de personal de información. El objetivo es que el niño pueda desplazarse en el entorno teniendo claridad sobre los espacios y su uso. Una correcta señalización evita que los niños se encuentren en laberintos sin salida dentro de un colegio; permite que se puedan movilizar al baño, a la cafetería o a los patios de recreo sin necesidad de apoyarse en otros adultos; facilita su inclusión y les genera confianza y poder sobre el espacio.

La iluminación natural y artificial suficiente y estable garantiza que los niños puedan aprender y fijar su atención en los procesos de aprendizaje. Una mala iluminación, ya sea natural o artificial, obliga al cerebro a trabajar más y de forma menos eficiente. Las capacidades cognitivas de los niños se activan de forma más precisa cuando existen buenas fuentes de luz. La privación de luz natural puede generar una afectación a los patrones del sueño y, por lo tanto, del comportamiento y del rendimiento escolar.

En cuanto a la altura del techo, los techos altos proporcionan al cerebro mayor posibilidad de análisis creativo y abstracto, mientras que techos bajos facilitan la concentración en tareas de mayor compromiso lógico. Por tanto, se propone que la escuela cuente con ambas opciones: espacios con techos altos donde funcionen talleres de arte, teatro y danza, donde la creatividad deba fluir; y otros lugares donde los niños puedan mejorar sus procesos de concentración, como salas de juego de ajedrez, salas de cómputo, etcétera.

En relación con las zonas verdes, se ha confirmado en diversos estudios que las aulas que tienen vista hacia espacios verdes mejoran la atención de los niños; probablemente también disminuyan los niveles de estrés y, por tanto, sean un aporte valioso en la consolidación de los procesos de aprendizaje. El cerebro humano, en su proceso evolutivo, ha pasado más tiempo en espacios abiertos al aire libre, lo que puede generar mayor presión cuando se encuentra encerrado en un espacio estrecho y oscuro. El visualizar zonas verdes provoca paz, tranquilidad, alegría, factores fundamentales para el desarrollo de habilidades mentales superiores.

Se tienen que generar participantes activos de accesibilidad. Dentro de una escuela o centro educativo, las personas pueden ser facilitadoras de información. Desarrollar proyectos donde los niños puedan ser guías en los espacios en momentos claves, como la hora de recreo, o al ingreso y la salida, origina que el estudiante se empodere en su

rol como facilitador, pero también que sea activo en su relación con los entornos. Es importante que los estudiantes tengan clara la funcionalidad que cumple cada espacio dentro del colegio y su uso correcto, así como las reglas de comportamiento en él y las rutas de evacuación, en caso de ser requerido.

Los mapas y rutas de evacuación deben ser de fácil comprensión. Incluso sería recomendable que en ejercicios pedagógicos los niños creen sus propios mapas y rutas. Se sugiere que sean mapas hápticos, que permitan el contacto para niños con discapacidad visual; además, es necesario usar información en lengua de señas tanto en las señaléticas como en todos los lugares de información a fin de generar accesibilidad cognitiva para los niños con discapacidad auditiva.

Los pictogramas deben pasar por pruebas de usabilidad y de comprensión, para asegurarse de que tengan información útil y fácilmente comprensible, que no promueva confusiones o provoque errores.

Conclusiones

- La neuroarquitectura, a pesar de llevar más de setenta años de desarrollo, es una disciplina emergente que requiere ser explorada y fortalecida por grupos de investigación. Para los arquitectos, sería un enriquecimiento conocer las necesidades neurológicas de los usuarios y realizar investigaciones en las que se mida el impacto neurológico que tiene un lugar en las capacidades de aprendizaje o el bienestar emocional de quien lo habita, o quien lo usa.
- Es muy importante que los arquitectos tengan en cuenta a la hora de diseñar las instituciones educativas la generación de espacios arquitectónicos que acojan los principios de la neuroarquitectura, con la certeza de que el mismo espacio es un provocador de aprendizajes significativos. Además, es necesario que se formen conociendo las nuevas tendencias educativas en el mundo, lo que hará que sus proyectos sean innovadores y con propuestas enriquecidas de valor pedagógico.
- Siempre que un arquitecto intervenga un espacio educativo, se debe contar con la percepción de los usuarios, es decir, con la comunidad educativa y, primordialmente, escuchar a los niños, pues son ellos quienes se beneficiarán del espacio. Un edificio educativo es mucho más que ladrillo y concreto, es un segundo hogar para niños, docentes y administrativos, y debe tener condiciones que generen una experiencia grata y significativa.

La arquitectura accesible y sin barreras, y la neuroarquitectura se constituyen en un pilar fundamental para hablar de educación, más aún cuando hablamos desde la educación inclusiva de los niños con barreras del aprendizaje, pues para muchos niños con discapacidad o dificultades específicas del aprendizaje los espacios pueden convertirse en laberintos que causan temor e incertidumbre. Para niños con discapacidad cognitiva, ubicarse en el espacio puede ser un reto que se puede minimizar si se tienen en cuenta los conceptos de la accesibilidad cognitiva planteados en este estudio. Así pues, es esencial entender que

todos los escenarios arquitectónicos escolares deben tener en cuenta los principios de la neuroarquitectura, especialmente en temas de accesibilidad, pues esta es la piedra angular de la educación inclusiva. Sin escenarios educativos accesibles, la educación inclusiva es una utopía irrealizable.

Durante más de catorce años, siendo psicóloga, he trabajado con arquitectos en la formación de espacios más accesibles e incluyentes, e identifiqué que la neuroarquitectura, como disciplina, puede convertirse en un aporte al presente y futuro de las instituciones educativas, puesto que, aunque existen nuevas teorías y perspectivas teóricas de la pedagogía, los escenarios arquitectónicos siguen siendo muy similares a los de cien años atrás. Las nuevas pedagogías, e incluso las que están por plantearse o generarse, deben contar con espacios arquitectónicos que tengan en cuenta al niño y no solo al niño promedio, sino al niño en toda su diversidad y en toda su complejidad. Para un arquitecto de escenarios educativos, es vital dialogar y conectar con los neurocientíficos para comprender cómo aprende el cerebro de un niño, del niño neurotípico, pero también del niño con espectro autista, o del niño ciego o sordo; de esa manera, sus diseños pueden responder a las necesidades de todos, tal y como lo plantean las propuestas del diseño universal.

Limitaciones y prospectiva

La presente propuesta debe ser reforzada con aspectos relacionados con la bioseguridad, de acuerdo con la situación actual del mundo, lo cual no necesariamente será un limitante, sino que debe ser un complemento de la propuesta. También tiene grandes fortalezas, pues genera en toda la comunidad educativa una mayor conciencia sobre la importancia de los espacios en los procesos de aprendizaje; además, permite que los arquitectos tengan en cuenta a toda la comunidad antes de proponer reformas en los escenarios educativos. Qué piensa, qué siente el niño con y sin discapacidad y cómo se relaciona con el espacio es vital a la hora de diseñar instituciones educativas incluyentes.

La neuroarquitectura propone líneas de investigación muy interesantes, que pueden abrir caminos para tener escenarios educativos más incluyentes y accesibles para todos. Se presta para investigar la influencia de diseñar espacios educativos que favorezcan la sana convivencia y eviten el *bullying*, escenarios educativos que respondan a pedagogías innovadoras, propuestas de escenarios educativos futuristas, que tengan en cuenta las nuevas medidas de bioseguridad para la “nueva normalidad”, etcétera.

Referencias

Aragall, F. (2010). *La accesibilidad en los centros educativos*. Ediciones Cinca. https://www.cermi.es/sites/default/files/docs/colecciones/LA_ACCESIBILIDAD_EN_LOS_CENTROS_EDUCATIVOS.pdf

- Barliana, M. S., Johar Maknun, J., & Rahardja, D. (2016). The architectural accessibility of vocational education facility for special needs students. *2nd International Conference on Education*, 1, 1–6.
- Bingler, S. (1995). Place as a form of knowledge. En A. Meek (Ed.), *Designing places for learning* (pp. 23–30). Association for Supervision and Curriculum Development.
- Bose, J. (2009). Education and the architecture of an inclusive society. *South Asian Journal of Peacebuilding*, 2(1), 2–4.
- Brusilovsky, B. (2014). *Modelo para diseñar espacios accesibles: Espectro cognitivo*. La Ciudad Accesible.
- Campora, H. (2019). *Neuroarquitectura: Ensayo entre los espacios físicos y mentales*. <https://es.scribd.com/document/451703413/Ensayo-Entre-Los-Espacios-Fisicos-y-Mentales-Arquitecto-Hector-Campora-1>
- Eberhard, J. P. (2009a). Applying neuroscience to architecture. *Neuron*, 62, 753–756. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2009.06.001>
- Eberhard, J. P. (2009b). *Brain landscape: The coexistence of neuroscience and architecture*. Oxford University Press.
- La atención: Estructuras cerebrales implicadas. (2016, octubre 20). <https://themindmasterweb.wordpress.com/2016/10/20/estructuras-cerebrales-implicadas/>
- García, D. (2012). *Diseño de sistemas de orientación espacial: Wayfinding*. Fundación ONCE. <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.845.459&rep=rep1&type=pdf>
- Gutiérrez, L. (2018). Neuroarquitectura, creatividad y aprendizaje en el diseño arquitectónico. *PAIDEIA XXI*, 6(7), 171–189. <https://revistas.urp.edu.pe/index.php/Paideia/article/view/1607/1481>
- Hitch, D., Dell, K., & Larkin, H. (2016). Does universal design education impact on the attitudes of architecture students towards people with disability? *Journal of Accessibility and Design for All*, 6(1), 26–48. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5816065>
- López, S. (2017). *Esencia: Diseño de espacios educativos, aprendizaje y creatividad*.
- Mombriedo Lozano, A. (2019). Entornos y desarrollo durante la niñez: Neuroarquitectura y percepción en la infancia. *Tarbiya. Revista de Investigación e Innovación Educativa*, 47, 55–68. <https://doi.org/10.15366/tarbiya2019.47.004>
- Mombriedo Lozano, A., & San Gregorio, S. (2018). Construir jugando, construir observando: Puesta en práctica de los mecanismos de aprendizaje creativo inherentes a nuestra condición humana. *Entera2.0*, 6, 178–188.
- Montiel Vaquer, I. (2017). Neuroarquitectura en educación: Una aproximación al estado de la cuestión. *Revista Doctorado UMH*, 3(2), Artículo p6. <https://revistas.innovacionumh.es/index.php/doctorado/article/view/641/992>
- Paiva, A., & Jedon, R. (2019). Short- and long-term effects of architecture on the brain: Toward theoretical formalization. *Frontiers of Architectural Research*, 8(4), 564–571. <https://doi.org/10.1016/j.foar.2019.07.004>
- Quinceno Castrillón, H. (2009). Espacio, arquitectura y escuela. *Revista Educación y Pedagogía*, 21(54), 11–27. <https://revistas.udea.edu.co/index.php/revistaeyp/article/view/9778>

- Raedó, J., & Atrio Cerezo, S. (2018). Arquitectura inclusiva y su utilización como instrumento socializador en educación. *Tarbiya. Revista de Investigación e Innovación Educativa*, 46, 41–54. <https://doi.org/10.15366/tarbiya2018.46.03>
- Robinson, K. (2015). *Arquitectura para la educación*. Link Books.
- Rodríguez, L., Gallego, J. L., & Rodríguez, A. V. (2016). Reflexiones docentes acerca del diseño arquitectónico de los centros de formación profesional en Granada. *Propósitos y Representaciones*, 4(1), 115–168. <http://dx.doi.org/10.20511/pyr2016.v4n1.88>
- Ruiz, J. M. (2016). *Manual de neuropsicología pediátrica*. Instituto Superior de Estudios Psicológicos. https://www.researchgate.net/publication/302909316_Manual_de_neuropsicologia_pediatica
- Tanner, C. K. (2014). The interface among educational outcomes and school environment. *Educational Planning*, 21(3), 19-28.
- Gardner, H., & Hatch, H. (1989). Multiple intelligences to school: educational implications of the theory of multiple intelligence. *Educational Researcher*, 18, 4-9. <http://dx.doi.org/10.2307/1176460>
-

Abstract: Despite significant advances in pedagogical models and the use of educational technologies, school environments continue to largely respond to traditional logics that do not recognize student diversity. Educational neuroarchitecture emerges as an interdisciplinary approach that integrates neuroscience, architecture, and education to understand how physical environments influence the cognitive, emotional, and behavioral processes involved in learning.

The present article aims to analyze the importance of designing inclusive educational settings based on the principles of universal design, emphasizing the need to create accessible spaces for all students, including those with disabilities. Within this framework, the educational space is understood as an active pedagogical agent, whose coherence with contemporary educational models is essential to promote more equitable learning processes.

Keywords: neuroarchitecture - inclusive education - universal design - cognitive accessibility - learning environments

Resumo: Apesar dos avanços significativos nos modelos pedagógicos e no uso de tecnologias educacionais, os espaços escolares continuam respondendo, em grande medida, a lógicas tradicionais que não reconhecem a diversidade dos estudantes. A neuroarquitetura educacional surge como uma abordagem interdisciplinar que articula as neurociências, a arquitetura e a educação para compreender como os ambientes físicos influenciam os processos cognitivos, emocionais e comportamentais envolvidos na aprendizagem.

O presente artigo tem como objetivo analisar a importância do desenho de cenários educacionais inclusivos a partir dos princípios do desenho universal, enfatizando a necessidade de criar espaços acessíveis para todos os estudantes, incluindo aqueles com deficiência. Nesse contexto, propõe-se compreender o espaço educacional como um

agente pedagógico ativo, cuja coerência com os modelos educacionais contemporâneos é fundamental para promover processos de aprendizagem mais equitativos.

Palavras-chave: neuroarquitectura - educação inclusiva - desenho universal - acessibilidade cognitiva - ambientes de aprendizagem

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

María del Pilar Pinzón Rueda. Psicóloga de la universidad pontificia Bolivariana, especialista en necesidades educativas especiales de la universidad autónoma de Bucaramanga, magister en Neuropsicología y educación de la Universidad de la Rioja España, directora de la fundación Unicornio, creadora y docente de la cátedra de arquitectura accesible en la Universidad Santo Tomás de Bucaramanga por 8 años, 19 años formando arquitectos en Neuroarquitectura, diseño universal y accesibilidad.

Neuroiluminación: la luz y la relación con el ser humano

Fernando Mazzetti⁽¹⁾

Resumen: Durante millones de años, nuestro cerebro evolucionó bajo un único diseñador de iluminación: el sol. Cada variación lumínica, del día y estacional quedó inscrita en nuestra neurobiología como un código ancestral que gobierna procesos fisiológicos fundamentales. Esta interacción del ser humano con la luz interviene y regula directamente los procesos de alimentación, reproducción y supervivencia. Sin embargo, en los últimos ciento cincuenta años hemos alterado radicalmente esta relación. Permanecemos el noventa por ciento de nuestro tiempo en interiores (OMS Europa, 2013) bajo esquemas lumínicos ajenos a los patrones naturales que moldearon nuestra evolución. En ámbitos residenciales, laborales y transporte suman más de veinte horas diarias sin contacto directo con la luz natural. Y tiene consecuencias en el sistema inmunológico, fisiológico, cerebral y conductual.

Palabras clave. Neurociencias – neuroarquitectura - hábitat humano – enfermedad -calidad de vida – salud - cronobiología – luz natural – luz artificial

[Resúmenes en inglés y portugués en la página 225]

(1) Ver CV en pág. 226

Introducción

La Neuroiluminación emerge como respuesta a esta realidad. Vincula neurociencia, iluminación, luminotecnia, fotobiología, cronobiología, psicología, arquitectura y diseño interior para comprender cómo la luz dialoga con nuestro sistema nervioso y endócrino, modulando alertas, regulando ritmos biológicos, influyendo en las emociones y afectando la capacidad cognitiva. Una nueva mirada para el bienestar

Como un área incipiente, la neuroiluminación propone la investigación, desarrollo y aplicación de la luz en todo ámbito con un fuerte enfoque humano. Abordando la neuroarquitectura y las neurociencias en general como base fenomenológica en relación a la

experiencia subjetiva del espacio construido. Comprender que los estímulos sensoriales visuales, olfativos y táctiles impactan directamente en la respuesta humana. La pregnancia de esa experiencia tendrá incidencia en el recuerdo del lugar y evocación.

El espacio interior nunca es neutro (Salinas V.2005). La elección del tamaño, formas, colores, textura y aromas impactan, a favor o negativamente en el sistema visual, perceptual y emocional.

Síndrome de Déficit de naturaleza

La iluminación natural combinada con la artificial, desempeña un papel clave en la calidad de vida de las personas. Regula el ritmo circadiano, el estado de ánimo y la cognición. La Neuroiluminación aborda el diseño lumínico no solo desde la función visual, sino además como modulador emocional y neurofisiológico.



La vida moderna en las ciudades ha llevado a las personas a confinarse en casa y el trabajo. Permanecer el 90% del tiempo en espacios interiores tiene impacto vital. El ser humano, como especie, no ha evolucionado desde lo físico, psicológico, social y cognitivamente para enfrentar esta situación de los últimos dos siglos. Y seguramente, de seguir este camino, necesitaremos cientos o miles de años para adaptarnos a esos cambios.

En relación a esta problemática, el periodista Richard Louv creó el concepto de “Síndrome de Déficit de Naturaleza” (2005). Describe los efectos negativos que provoca la desconexión con la naturaleza.

Si bien no está definida como una patología con diagnóstico médico oficial, es un indicativo de la incidencia que tiene la falta o poco contacto con la naturaleza en la salud de las personas.



Los principales efectos son:

- Estrés y ansiedad: aumenta los niveles de cortisol y disminuye la capacidad de recuperación del estrés.
- Déficit de atención y problemas cognitivos: los estudios sugieren que la exposición a la naturaleza mejora la concentración y la creatividad.
- Problemas de salud física: Sedentarismo, obesidad e incluso afecciones cardiovasculares pueden estar relacionadas con una vida alejada de entornos naturales.
- Impacto en la percepción espacial: la neuroarquitectura indica que la exposición a entornos naturales mejora la orientación y la memoria espacial.
- Recuperación mental: empeora los procesos de recuperación física y mental

Según Mary Carol Hunter (Universidad de Michigan) para reducir de manera eficiente los niveles de cortisol, conocida como la hormona del estrés, se debe permanecer de 20 a 30 minutos por día sentado o caminando en un lugar conectado a la naturaleza.

Síndrome del Edificio Enfermo (SEE)

Una de las problemáticas más frecuentes en la arquitectura es la que se conoce como “Síndrome del Edificio Enfermo (SEE). Esta describe al conjunto de síntomas que afectan a las personas que permanecen mucho tiempo dentro de un edificio, especialmente en espacios mal ventilados, con iluminación inadecuada o materiales que emiten sustancias tóxicas. Fue reconocido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) en 1982 y se relaciona con espacios interiores que generan malestar físico y mental sin una causa médica clara. Los principales síntomas son:

- Dificultad para concentrarse
- Problemas respiratorios
- Piel seca o irritada
- Dolor de cabeza y fatiga
- Irritación en ojos, nariz y garganta
- Mareos o náuseas

Las causas principales se relacionan con:

Mala calidad del aire: Ventilación insuficiente, acumulación de CO₂, alérgenos, moho o compuestos orgánicos volátiles (COV).

Iluminación deficiente: Exceso de luz artificial, parpadeo de luminarias, ausencia o déficit de luz natural.

Ruido ambiental: Sonidos constantes de baja frecuencia, reverberaciones o ruidos molestos que generan fatiga cognitiva.

Diseño interior inadecuado: Disposición espacial que genera estrés, falta de áreas de descanso o colores inadecuados.

Uso de materiales tóxicos: Pinturas, adhesivos, alfombras, muebles y productos de limpieza que emiten sustancias nocivas.

El impacto del SEE puede afectar negativamente en la calidad de vida. Un entorno inadecuado disminuye el bienestar y genera mayor estrés.



Soluciones desde la neuroarquitectura y el neurointeriorismo:

- Ventilación y filtración del aire para evitar contaminantes.
- Colores adecuados para generar calma y reducir la ansiedad.
- Espacios ergonómicos que favorezcan la movilidad y el confort.
- Diseño biofílico con presencia de naturaleza y materiales naturales.

Efectos perjudiciales de la iluminación interior

En iluminación interior existen tres aspectos indeseados de la luz en relación a la interacción con el ser humano en todo ámbito:

- Deslumbramiento directo por luminarias mas direccionadas y que impactan en el campo visual.
- Deslumbramiento indirecto que se produce por reflejos en superficies reflectantes reduciendo capacidad visual.
- Flicker. Es un efecto de parpadeo de la luz imperceptible al ojo directo. Genera malestar por cambios repetitivos de niveles de iluminación. En ocasiones provoca mareos y náuseas.

Cronobiología aplicada: Sincronizando vida y luz

La cronobiología aplicada representa la ciencia que estudia cómo los ritmos biológicos internos se sincronizan con señales ambientales. Además, la luz es el sincronizador más poderoso de nuestro reloj circadiano. Esta disciplina revela que cada célula de nuestro cuerpo contiene un cronómetro molecular. Por tanto, estos cronómetros oscilan en ciclos de aproximadamente 24 horas. Coordinan desde funciones metabólicas hasta procesos cognitivos.



Fundamentos de la sincronización temporal

Comprender los principios de cronobiología aplicada nos permite diseñar intervenciones lumínicas específicas. Además, estas intervenciones optimizan naturalmente nuestro funcionamiento biológico. En consecuencia, podemos mejorar nuestro bienestar sin recurrir a fármacos. También evitamos manipulaciones artificiales innecesarias.

Aplicaciones prácticas en neuroiluminación

La implementación de principios de cronobiología aplicada en espacios cotidianos requiere comprensión profunda. Además, debemos entender cómo diferentes intensidades lumínicas influyen en nuestros relojes biológicos. También debemos considerar cómo los espectros lumínicos afectan estos ritmos.

Los sistemas circadianos dinámicos replican las variaciones naturales de luz solar. Por tanto, comienzan con tonalidades frías y brillantes durante horas matutinas. Estas tonalidades estimulan la vigilia y alerta. Además, transitan hacia espectros equilibrados durante períodos productivos.

Finalmente, evolucionan hacia tonos cálidos vespertinos que facilitan relajación. En consecuencia, estos sistemas permiten que nuestros ritmos internos se mantengan sincronizados. Por tanto, funcionan incluso en espacios completamente artificiales.

La cronobiología aplicada enfatiza que las transiciones bruscas pueden generar estrés cronobiológico. Además, estas transiciones abruptas pueden disrumpir sistemas reguladores delicados.

Aplicar estos conocimientos en diseño de espacios permite aprovechar nuestros ritmos biológicos naturales. Por tanto, podemos maximizar rendimiento, bienestar y salud a largo plazo. Además, esto incluye horarios de trabajo optimizados. También abarca rutinas personales mejoradas. Finalmente, la sincronización temporal se convierte en una herramienta poderosa para un mejor desarrollo humano.

Neuroiluminación en ámbitos de salud

La arquitectura hospitalaria está fuertemente enfocada en crear espacios optimizados y adecuados para que la práctica médica se desarrolle de la mejor manera posible. En el pasado, la concepción del diseño hospitalario se enfocaba más en aspectos funcionales, que respondieran a las necesidades y cumplieran las normativas vigentes. Hoy sabemos que eso no es suficiente. Es primordial entender el diseño desde una mirada integral, que involucre a todas las disciplinas intervinientes. Desde la ingeniería, la arquitectura y el interiorismo, como tres pilares fundamentales para aportar soluciones generales y específicas de cada área. Considerando al ser humano como centro del proyecto y usuario final del espacio. Este aspecto, que puede parecer muy obvio, marca la diferencia entre diseñar un espacio para el tratamiento de la enfermedad en lugar de pensar el diseño para curar y mejorar la calidad de vida. Y en este último concepto se incluye al paciente, familiares, personal médico, de servicios y administrativo.

En ese sentido la Neuroiluminación abre un nuevo campo de investigación y aplicación proyectual en el ámbito de la salud. La influencia vital de la luz en la respuesta humana desde lo visual, física, psicológica sensorial, perceptual y cognitiva.

Casos de éxito

Un buen ejemplo es el edificio de “Khoo Teck Puat Hospital” de Singapur.



El hospital, diseñado de tal forma, favorece las vistas a amplios jardines, techos verdes y un estanque. El diseño enfatiza la luz natural ayudando a la reducción del estrés y mejora la satisfacción general de los usuarios.



En el contexto de esta revolución es cada vez mas frecuente escuchar conceptos como “hospital verde” o “arquitectura modular” que mejoren, por ejemplo, los flujos de circulación interna de los usuarios y la permanencia confortable en los distintos ámbitos edilicios. En estudios realizados entre 1972 y 1984, Roger S. Ulrich determinó que los pacientes internados en habitaciones con vistas a la naturaleza permanecían menos tiempo, tomaron

menos analgésicos y se obtuvieron comentarios más positivos de esa experiencia. Creaba el concepto del *Healing Buildings / Edificios curativos*, hoy extendido a ámbitos educativos, residenciales y corporativos.



En esa línea el psicólogo Carl Rogers (1902-1987 EEUU) desarrolló en la década del 50 el concepto de “Terapia centrada en la persona”. Sentó las bases de una psicología humanista en la relación del terapeuta con su paciente. En ese sentido, en los años 90 se retoman muchos de esos conceptos al adoptar el modelo de “Hogar Médico Centrado en el Paciente” (PCMH). A la atención integral, personalizada, coordinada y responsable del personal médico se suma la influencia directa del espacio construido. Crear ambientes interiores, además de funcionales, agradables y confortables que promuevan el bienestar emocional y cognitivo de las personas.

Conclusiones

La neuroiluminación coloca al ser humano, con toda su complejidad neurobiológica, en el centro del diseño integral.

Esta disciplina invita a una exploración profunda de nosotros mismos más allá de una mera validación científica. La pregunta ya no es solo cuánta luz, sino qué tipo, en qué momento, con qué características, para qué actividad y población se va a utilizar. La neuroiluminación ofrece herramientas para responder con rigor científico y sensibilidad humana. Apenas comenzamos a descifrar el lenguaje entre la luz y nuestro ser. Cada descubrimiento abre posibilidades de diseño. Cada proyecto genera aprendizajes que refinan metodologías. No es una moda pasajera sino la maduración necesaria de nuestra relación con la luz artificial: reconciliación entre tecnología y biología, innovación y sabiduría ancestral.

Referencias

- Green Furniture Concept. (2022). *Biophilic design in healthcare environments*. Hospital Management.
- Healthcare Facilities Today. (2023). *Brightness to wellness: The transformative power of lighting design*.
- Junge, J. (2024). *Neuroiluminación: Cuando la luz dialoga con todo nuestro ser*. Recuperado de <https://www.neuroiluminación.com>
- Louv, R. (2005). *Last child in the woods: Saving our children from nature-deficit disorder*. Algonquin Books.
- Mazzetti, F. (2024). *La neuroiluminación: Estrategias para el bienestar en ámbitos de salud*. AADAHI.
- Medical Construction and Design. (2024). *Healthcare lighting that reshapes the patient experience*. Recuperado de <https://mcdmag.com/2024/05/healthcare-lighting-that-reshapes-the-patient-experience/>
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2014). *WHO sets benchmarks to reduce health damage from indoor air pollution*. Recuperado de <https://www.who.int/es/news/item/12-11-2014-who-sets-benchmarks-to-reduce-health-damage-from-indoor-air-pollution>
- Rogers, C. (1944). *Client-centered therapy*. Houghton Mifflin.
- Salone del Mobile Milano. (2025). *63ª edición Salone del Mobile: Thought for Humans*. Milán, Italia.
- Visa Lighting. (2024). *Healthcare & hospital lighting: Designing for healing and wellbeing*. Recuperado de <https://www.visalighting.com/markets/healthcare-lighting>

Abstract: For millions of years, the human brain evolved under a single lighting designer: the sun. Each daily and seasonal variation in light became embedded in our neurobiology as an ancestral code that governs fundamental physiological processes. This interaction between humans and light directly influences and regulates processes related to nutrition, reproduction, and survival. However, over the past one hundred and fifty years, this relationship has been radically altered. We now spend approximately ninety percent of our time indoors (WHO Europe, 2013), under lighting conditions that differ significantly from the natural patterns that shaped our evolution. In residential, work, and transportation environments, this amounts to more than twenty hours per day without direct exposure to natural light. These conditions have consequences for the immune, physiological, neural, and behavioral systems.

Keywords: Neuroscience – neuroarchitecture – human habitat – disease – quality of life – health – chronobiology – natural light – artificial light

Resumo: Durante milhões de anos, o cérebro humano evoluiu sob a influência de um único “projetista de iluminação”: o sol. Cada variação diária e sazonal da luz foi incorporada à nossa

neurobiología como um código ancestral que regula processos fisiológicos fundamentais. Essa interação entre os seres humanos e a luz influencia e modula diretamente processos relacionados à nutrição, à reprodução e à sobrevivência. No entanto, ao longo dos últimos cento e cinquenta anos, essa relação foi profundamente alterada. Atualmente, passamos aproximadamente noventa por cento do tempo em ambientes internos (WHO Europe, 2013), sob condições de iluminação que diferem significativamente dos padrões naturais que moldaram nossa evolução. Em ambientes residenciais, de trabalho e de transporte, isso representa mais de vinte horas por dia sem exposição direta à luz natural. Essas condições têm implicações para os sistemas imunológico, fisiológico, neural e comportamental.

Palavras-chave: neurociência - neuroarquitectura - habitat humano - doença - qualidade de vida - saúde - cronobiología - luz natural - luz artificial

[Resúmenes en inglés y portugués en la página 17]

Fernando Mazzetti. Diseñador de interiores e iluminación. Titular de cátedra Facultad de Diseño y Comunicación, Universidad de Palermo. Es fundador y director de "Diseño&más" y "Neuroiluminación". Conferencista magistral en congresos internacionales de diseño. Colaborador editorial de medios especializados de diseño en Argentina, México y España. Su producción incluye más de noventa artículos técnicos, papers, entrevistas y crónicas y más de cien cursos impartidos en Iberoamérica.

Contaminación electromagnética, síndrome de hipersensibilidad electromagnética y asociación con tumores de la vía auditiva

Yanina Olguin y Daniel Orfila⁽¹⁾

Resumen: La contaminación electromagnética constituye una forma de exposición ambiental creciente, asociada al uso extendido de tecnologías que emiten campos electromagnéticos no ionizantes. En las últimas décadas, se ha incrementado el interés en los posibles efectos biológicos de estas exposiciones, particularmente en relación con manifestaciones clínicas agrupadas bajo el término electrohipersensibilidad (EHS).

El presente trabajo aborda la EHS como una condición caracterizada por la presencia de síntomas neurológicos y sistémicos que se manifiestan en relación con la exposición a campos electromagnéticos de origen artificial. Se describen sus principales características clínicas, posibles mecanismos fisiopatológicos —incluyendo procesos inflamatorios de bajo grado y estrés oxidativo— y criterios de evaluación en el contexto de la práctica clínica.

Asimismo, se analiza la posible asociación entre la exposición a radiaciones no ionizantes y la aparición de tumores de la vía auditiva, particularmente schwannomas vestibulares, a partir de evidencia epidemiológica y observaciones clínicas. En este marco, se presentan datos clínicos y se discute el rol de los campos electromagnéticos como posible factor ambiental emergente.

Finalmente, se proponen medidas de abordaje clínico y estrategias de reducción de la exposición basadas en el principio de precaución, en el contexto de la medicina ambiental y la atención primaria de la salud.

Palabras clave: contaminación electromagnética - electrohipersensibilidad - campos electromagnéticos - radiación no ionizante - schwannoma vestibular - medicina ambiental

[Resúmenes en inglés y portugués en la página 234]

(1) Ver CVs en pág. 235

Introducción

La contaminación electromagnética es una intensa información ambiental que nos rodea a diario y dondequiera que vayamos. Se trata de un creciente conjunto de ondas y campos electromagnéticos polarizados artificialmente, generados por las telecomunicaciones y por las distintas tecnologías creadas por el hombre desde los años 1900 en adelante, con un crecimiento y una presencia exponenciales.

La radiación no ionizante es la producida por las telecomunicaciones o por cualquier dispositivo eléctrico, ya sea alimentado por corriente alterna o por corriente continua. Este tipo de radiación suele denominarse radiación artificial porque proviene de fuentes artificiales, y sus características y patrones de oscilación no se encuentran en la radiación producida por fuentes naturales.

Mucho se ha hablado de los efectos en la salud del espectro electromagnético ionizante, pero menos de los efectos subtérmicos del espectro electromagnético no ionizante.

A continuación, se presenta una ilustración del espectro completo:

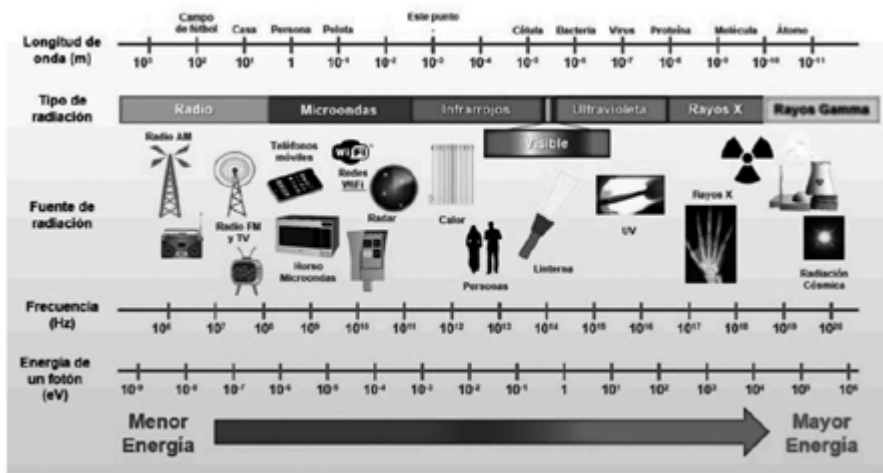


Figura 1. Espectro electromagnético, algunas fuentes de cada tipo de OEM y la relación de la longitud de onda con diferentes objetos o entidades.

En la actualidad, los seres humanos convivimos con el uso inapropiado, desmedido, crónico e ininterrumpido de estas tecnologías, sin pasar por alto que aún no existe un escenario o encuadre legislativo y sanitario que convoque al principio de precaución en su uso. Uno de los efectos de ello es que hoy estamos observando, tanto en la medicina ambiental como en la medicina laboral y clínica de precisión, diferentes grados de estados inflamatorios crónicos en la fisiología humana y animal.

Electrohipersensibilidad (EHS)

El término hipersensibilidad electromagnética, o electrohipersensibilidad, fue propuesto por primera vez por el Dr. William Rea en 1991 para identificar la condición clínica de pacientes que reportaban efectos sobre la salud mientras estaban expuestos a un campo electromagnético de características artificiales. Posteriormente, este término fue retomado en 1997 en un informe proporcionado por un grupo de expertos europeos para la Comisión Europea, con el fin de describir clínicamente esta patología inusual, que podría implicar la exposición a campos electromagnéticos (CEM).

La electrohipersensibilidad se caracteriza por la aparición de síntomas neurológicos, entre los que se incluyen:

- cefalea
- acúfenos
- hiperacusia
- mareos
- trastornos del equilibrio
- anomalías de la sensibilidad superficial y/o profunda
- fibromialgia
- disfunción nerviosa vegetativa
- reducción de la capacidad cognitiva
- pérdida de memoria inmediata
- deficiencia de atención
- confusión temporoespacial

Estos síntomas se asocian, a su vez, con insomnio crónico, fatiga y tendencia a la depresión, además de labilidad emocional y, en ocasiones, irritabilidad.

Una observación importante es que estos síntomas fueron informados repetidamente por los pacientes cada vez que reportaban estar expuestos a presuntas fuentes de campos electromagnéticos artificiales, incluso de baja intensidad, y que retrocedían o incluso desaparecían tras abandonar dichas presuntas fuentes. Como excepción, la artralgia y la emotividad se observaron en un rango de frecuencia similar en el grupo de control; sin embargo, el resto de los síntomas clínicos presentes en pacientes con EHS fueron significativamente más frecuentes que en pacientes control aparentemente normales.

“Los pacientes con EHS se caracterizan por desarrollar y sostener una cascada inflamatoria de bajo grado, estrés nitro-oxidativo, alteración o apertura de la barrera hematoencefálica y cambios en los neurotransmisores cerebrales”¹, todos los cuales han sido demostrados en animales de laboratorio por diferentes estudios independientes, como vinculados a la exposición a campos electromagnéticos artificiales².

Una de las publicaciones más recientes sobre EHS, del año 2020, de Stein et al., señala que la sensibilidad electromagnética —conocida en el pasado como síndrome de las microondas— es “una condición clínica caracterizada por la presencia de un amplio espectro de síntomas orgánicos múltiples no específicos, incluyendo típicamente los síntomas del sis-

tema nervioso central, que ocurren después de la exposición aguda del paciente o crónica a campos electromagnéticos en el medio ambiente o en entornos laborales” (3).

Las exposiciones repetidas provocan una sensibilización y el consiguiente aumento de la respuesta.

Cómo actuar frente a la presencia de algunos de los síntomas referidos asociados al uso de estas tecnologías

Se considera necesario acceder de manera detallada y clara a la información sobre el uso y la exposición del paciente en el último tiempo, dentro de la anamnesis y el interrogatorio clínico:

- Exposición a campos electromagnéticos de baja y alta frecuencia en los últimos seis meses, tanto de uso personal (celular, laptop, tablet, audífonos inalámbricos, lentes de realidad virtual, consolas de videojuegos), como de uso familiar o laboral, incluyendo computadoras, equipos de reproducción de música, electrodomésticos, sistemas de corriente alterna, radares, antenas, entre otros.
- Tiempo de uso o de contacto con cada uno de estos dispositivos.
- Modificaciones en los ambientes cerrados cercanos. Por ejemplo: cambio de habitación para el descanso, mudanza, reparaciones eléctricas recientes dentro del hogar, instalación de nuevo tendido eléctrico o de antenas emisoras de alta frecuencia, incorporación de sistemas de domótica o conexiones inalámbricas (alarmas, internet), encendidos automáticos de electrodomésticos, cambio de automóvil a híbrido o eléctrico, entre otros.
- Exposición laboral en términos de cantidad de horas, cercanía física a dispositivos o tecnologías, y especificación del tipo de campo electromagnético (baja o alta frecuencia).
- Relación entre la aparición, la presencia y la permanencia de los síntomas en función de la cercanía a estos campos electromagnéticos.
- Cambios recientes en los dispositivos móviles utilizados en los últimos seis meses.

Asimismo, resulta necesario realizar un examen físico exhaustivo y un chequeo clínico completo.

Si en el relato del paciente se constata exposición, uso desmedido o sostenido en forma crónica de dispositivos asociados al espectro electromagnético no ionizante, en concomitancia con la aparición y permanencia de signos y síntomas, se requiere advertir la posibilidad de estar cursando este síndrome clínico, descartando previamente patologías de base.

En este contexto, se vuelve de relevancia dedicar tiempo a la educación ambiental del paciente, así como realizar la derivación correspondiente a las especialidades pertinentes (medicina ambiental, medicina clínica y del estilo de vida o medicina laboral) dentro de los siete días posteriores a la consulta.

Se sugiere, además, informar sobre el uso adecuado de los dispositivos, reducir la exposición cercana y considerar la suspensión transitoria del uso de dispositivos móviles,

electrodomésticos y equipos alimentados por corriente alterna, hasta descartar el diagnóstico o realizar la interconsulta correspondiente.

El abordaje terapéutico es de carácter transdisciplinar, orientado al tratamiento del escenario inflamatorio sistémico que genera la sensibilización periférica responsable del cuadro sintomático.

Análítica sugerida

Para constatar el escenario inflamatorio sistémico, autores como Belpomme et al. (2021) proponen la evaluación de los siguientes parámetros:

- Histamina, como marcador de inflamación
- 6-OHMS, como marcador de insomnio crónico
- HSP 27 y HSP 70, como marcadores de estrés celular
- Anticuerpos anti-Po de la mielina, como marcador autoinmune
- Eco Doppler cerebral pulsado, para evaluar el flujo sanguíneo cerebral
- Nitrotirosina, como marcador de estrés oxidativo (ONOO)

Consideraciones sobre el escenario inflamatorio

Un aspecto relevante en el contexto ambiental actual, particularmente en relación con los espacios cerrados donde transcurre gran parte de la vida cotidiana, es la posible persistencia en el tiempo de un escenario inflamatorio sistémico asociado al contacto directo y sostenido con este espectro de frecuencias no ionizantes.

Este escenario podría constituir un terreno propicio para el desarrollo de patologías crónicas y disruptivas.

En este sentido, una revisión de la literatura de 2019 titulada *Mecanismos oxidativos de la actividad biológica de la radiación de radiofrecuencia de baja intensidad* reporta que 93 de los 100 estudios revisados por pares que analizan efectos oxidativos de radiofrecuencias de baja intensidad confirmaron la inducción de efectos oxidativos en sistemas biológicos (5). En el contexto nacional, el Dr. Daniel Orfila ha manifestado su preocupación ante el incremento observado tanto en el número como en el tamaño de los tumores de la vía auditiva, denominados schwannomas vestibulares o neurinomas del acústico (SV-NA). En este marco, ha expuesto su posición en una comunicación dirigida a legisladores de Ushuaia, en la que señala:

En los últimos años se presentan en gente más joven y son de mayor tamaño, con efecto compresivo en el tronco encefálico (zona protuberancial), con la

consiguiente mayor morbimortalidad en su único tratamiento curativo, que es la extirpación quirúrgica.

En síntesis: mayor número de schwannomas, de gran tamaño (grado III) y gigantes (grado IV), y en pacientes más jóvenes (clasificación de Koos-Samii). Se ha planteado que las radiaciones no ionizantes podrían actuar por efecto acumulativo y desempeñar un rol co-carcinogénico, a pesar de que la Organización Mundial de la Salud las haya clasificado en 2011 dentro de la categoría 2B, a la espera de una categorización más precisa basada en la evidencia científica disponible.

A tal efecto, se presentan estadísticas de pacientes operados en Fleni, donde me desempeño como médico asociado al Servicio de Neurocirugía.

Se registran 652 pacientes operados de schwannomas vestibulares entre 2000 y 2022, siendo en su mayoría tumores grandes (grado III) y gigantes (grado IV). Resulta relevante observar la subpoblación intervenida a partir de 2010, en la cual el 90% de los casos corresponde a tumores grandes o gigantes, y el 55% de estos pacientes tenía menos de 50 años.

Estos datos evidencian un crecimiento atípico y más acelerado en comparación con décadas previas al año 2000, período en el cual los tumores de gran tamaño se observaban principalmente en pacientes de mayor edad, ya sea por demora en la consulta o en el diagnóstico.

En este contexto, se ha planteado la hipótesis de que uno de los factores ambientales emergentes podría estar vinculado a la exposición a radiaciones no ionizantes, en concordancia con estudios experimentales y epidemiológicos que sugieren una asociación entre campos electromagnéticos provenientes de telefonía celular y la aparición de tumores cerebrales, incluyendo el neurinoma del acústico.

Es de relevancia el trabajo estadístico de la escuela sueca publicado por el Dr. Lennart Hardell (2013), actualizado en 2017, en el cual se analiza la relación entre la aparición de schwannomas vestibulares y la tasa de uso de telefonía celular. Los resultados muestran una asociación con un odds ratio (OR) de 1,5, que puede incrementarse hasta 8 en relación con el tiempo de uso acumulado (6).

Medidas basadas en el principio de precaución

En el marco del primer nivel de atención, pueden considerarse diversas medidas orientadas a la reducción de la exposición:

- Evitar mantener dispositivos móviles (celular, tablet, entre otros) en contacto cercano con la superficie corporal, sugiriéndose una distancia mínima aproximada de 15 cm.
- Priorizar el uso de altavoz para la realización de llamadas.

- Considerar la suspensión del uso de auriculares inalámbricos hasta descartar el diagnóstico. En caso de utilización, optar por dispositivos con cable o sistemas de tubo de aire.
- Realizar la carga de los dispositivos fuera del espacio de descanso y evitar su uso durante el proceso de carga.
- En situaciones en las que se utilicen dispositivos para lectura o reproducción audiovisual, favorecer la descarga previa de los contenidos y utilizar el modo avión durante su uso.
- Evitar la permanencia en el campo cercano de electrodomésticos en funcionamiento, considerando la zona de influencia de sus campos electromagnéticos.
- Verificar la correcta conexión a tierra en las instalaciones eléctricas domiciliarias.
- Ubicar los routers de WiFi en espacios de menor permanencia y considerar su apagado durante la noche.
- Colocar el teléfono móvil en modo avión o apagarlo durante el descanso nocturno, evitando su proximidad a la zona de la cabecera de la cama.
- Evitar ubicar zonas de permanencia prolongada (camas, sillones) en proximidad a paredes con tendido eléctrico, especialmente a nivel craneocervical.
- Limitar el uso del teléfono móvil en áreas con baja recepción de señal, dado que en estas condiciones los dispositivos incrementan su emisión (por ejemplo: ascensores, automóviles, transporte público, zonas rurales).

Referencias Bibliográficas

- Belpomme, D., & Irigaray, P. (2020). Electrohypersensitivity as a newly identified and characterized neurologic pathological disorder: How to diagnose, treat, and prevent it. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(6), 1915. <https://doi.org/10.3390/ijms21061915>
- De Luca, C., Raskovic, D., Pacifico, V., Chung, S. T., & Korkina, L. (2011). The search for reliable biomarkers of disease in multiple chemical sensitivity and other environmental intolerances. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 8(7), 2770–2797.
- Stein, Y., & Udasin, I. G. (2020). Electromagnetic hypersensitivity (microwave syndrome): Review of mechanisms. *Environmental Research*, 186, 109445.
- Belpomme, D., Carlo, G. L., Irigaray, P., Carpenter, D. O., Hardell, L., Kundi, M., et al. (2021). The critical importance of molecular biomarkers and imaging in the study of electrohypersensitivity: A scientific consensus international report.
- Yakymenko, I., Tsybulin, O., Sidarik, E., Henshel, D., Kyrylenko, O., & Kyrylenko, S. (2016). Oxidative mechanisms of biological activity of low-intensity radiofrequency radiation. *Electromagnetic Biology and Medicine*.
- Hardell, L., Carlberg, M., & Söderqvist, F. (2013). Pooled analysis of case-control studies on acoustic neuroma diagnosed 1997–2003 and 2007–2009 and use of mobile and cordless phones. *International Journal of Oncology*.
- Portier, C. J. (s.f.). Expert report.
- Vienne-Jumeau, A., & Tafani, C. (2019). Environmental risk factors of primary brain tumors: A review. *Revue Neurologique*, 175, 664–678.

Bortkiewicz, A., & Gadzicka, E. (2017). Mobile phone use and risk for intracranial tumors and salivary gland tumors: A meta-analysis. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 30, 27–43.

Rööösl, M., & Lagorio, S. (2019). Brain and salivary gland tumors and mobile phone use: Evaluating the evidence from various epidemiological study designs. *Annual Review of Public Health*, 40, 221–238.

Abstract: Electromagnetic pollution represents an increasingly relevant form of environmental exposure, associated with the widespread use of technologies that emit non-ionizing electromagnetic fields. In recent decades, growing attention has been directed toward the potential biological effects of these exposures, particularly in relation to clinical manifestations grouped under the term electromagnetic hypersensitivity (EHS). This study addresses EHS as a condition characterized by neurological and systemic symptoms occurring in association with exposure to artificial electromagnetic fields. Its main clinical features, possible pathophysiological mechanisms —including low-grade inflammatory processes and oxidative stress— and clinical assessment criteria are described.

Additionally, the potential association between exposure to non-ionizing radiation and the development of auditory pathway tumors, particularly vestibular schwannomas, is analyzed based on epidemiological evidence and clinical observations. In this context, clinical data are presented and the role of electromagnetic fields as a potential emerging environmental factor is discussed.

Finally, clinical management approaches and exposure-reduction strategies based on the precautionary principle are proposed within the framework of environmental medicine and primary healthcare.

Keywords: electromagnetic pollution - electromagnetic hypersensitivity - electromagnetic fields - non-ionizing radiation - vestibular schwannoma - environmental medicine

Resumo: A poluição eletromagnética constitui uma forma crescente de exposição ambiental, associada ao uso disseminado de tecnologias que emitem campos eletromagnéticos não ionizantes. Nas últimas décadas, tem-se intensificado o interesse pelos possíveis efeitos biológicos dessas exposições, particularmente em relação às manifestações clínicas agrupadas sob o termo eletro-hipersensibilidade (EHS).

O presente trabalho aborda a EHS como uma condição caracterizada pela presença de sintomas neurológicos e sistêmicos que se manifestam em relação à exposição a campos eletromagnéticos de origem artificial. São descritas suas principais características clínicas, possíveis mecanismos fisiopatológicos — incluindo processos inflamatórios de baixo grau e estresse oxidativo — e critérios de avaliação no contexto da prática clínica.

Além disso, analisa-se a possível associação entre a exposição a radiações não ionizantes e o surgimento de tumores da via auditiva, particularmente schwannomas vestibulares, com base em evidências epidemiológicas e observações clínicas. Nesse contexto, são apresentados

dados clínicos e discute-se o papel dos campos eletromagnéticos como possível fator ambiental emergente.

Por fim, propõem-se medidas de abordagem clínica e estratégias de redução da exposição baseadas no princípio da precaução, no contexto da medicina ambiental e da atenção primária à saúde.

Palavras-chave: poluição eletromagnética - eletro-hipersensibilidade - campos eletromagnéticos - radiação não ionizante - schwannoma vestibular - medicina ambiental

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

Yanina Olguin. Médica integrativa con formación en medicina ambiental y abordajes centrados en el eje intestino–cerebro y microbioma. Se desempeña como geoexperta ambiental y consultora en electrosmog, integrando conocimientos en salud ambiental, regulación fisiológica y factores de exposición. Cuenta con formación en PINE (Psiconeuroinmunoendocrinología), así como en modelos de medicina de origen y enfoques biológicos aplicados a la salud.

Daniel Orfila. Médico especialista en Otorrinolaringología, con dedicación en Otología y Neurotología. Se especializa en cirugía de tumores de la vía auditiva e implantes cocleares. Se desempeña como Profesor Consulto de la Licenciatura en Fonoaudiología de la Universidad del Salvador (USAL) y como Profesor Titular en la Especialización de Fonoaudiología de la Universidad del Museo Social Argentino (UMSA).

Publicaciones del Centro de Estudios en Diseño y Comunicación

El Centro de Estudios en Diseño y Comunicación de la Facultad de Diseño y Comunicación de la Universidad de Palermo desarrolla una amplia política editorial que incluye las siguientes publicaciones académicas de carácter periódico:

- **Cuadernos del Centro de Estudios en Diseño y Comunicación [Ensayos]**

Es una publicación periódica que reúne papers, ensayos y estudios sobre tendencias, problemáticas profesionales, tecnologías y enfoques epistemológicos en los campos del Diseño y la Comunicación.

Se publican de dos a cuatro números anuales con una tirada de 500 ejemplares que se distribuyen en forma gratuita.

Esta línea se edita desde el año 2000 en forma ininterrumpida, recibiendo colaboraciones remuneradas, dentro de las distintas temáticas.

La publicación tiene el número ISSN 1668.0227 de inscripción en el CAICYT-CONICET y tiene un Comité de Arbitraje.

- **Creación y Producción en Diseño y Comunicación [Trabajos de estudiantes y egresados]**

Es una línea de publicación periódica del Centro de Producción de la Facultad. Su objetivo es reunir los trabajos significativos de estudiantes y egresados de las diferentes carreras.

Las producciones (teórico, visual, proyectual, experimental y otros) se originan partiendo de recopilaciones bibliográficas, catálogos, guías, entre otros soportes.

La política editorial refleja los estándares de calidad del desarrollo de la currícula, evidenciando la diversidad de abordajes temáticos y metodológicos realizados por estudiantes y egresados, con la dirección y supervisión de los docentes de la Facultad.

Los trabajos son seleccionados por el claustro académico y evaluados para su publicación por el Comité de Arbitraje de la Serie.

Esta línea se edita desde el año 2004 en forma ininterrumpida, recibiendo colaboraciones para su publicación. El número de inscripción en el CAICYT-CONICET es el ISSN 1668-5229 y tiene Comité de Arbitraje.

• **Escritos en la Facultad**

Es una publicación periódica que reúne documentación institucional (guías, reglamentos, propuestas), producciones significativas de estudiantes (trabajos prácticos, resúmenes de trabajos finales de grado, concursos) y producciones pedagógicas de profesores (guías de trabajo, recopilaciones, propuestas académicas).

Se publican de cuatro a ocho números anuales con una tirada variable de 100 a 500 ejemplares de acuerdo a su utilización.

Esta serie se edita desde el año 2005 en forma ininterrumpida, su distribución es gratuita y recibe colaboraciones para su publicación. La misma tiene el número ISSN 1669-2306 de inscripción en el CAICYT-CONICET.

• **Reflexión Académica en Diseño y Comunicación**

Las Jornadas de Reflexión Académica son organizadas por la Facultad de Diseño y Comunicación desde el año 1993 y configuran el plan académico de la Facultad colaborando con su proyecto educativo a futuro. Estos encuentros se destinan al análisis, intercambio de experiencias y actualización de propuestas académicas y pedagógicas en torno a las disciplinas del diseño y la comunicación. Todos los docentes de la Facultad participan a través de sus ponencias, las cuales son editadas en el libro *Reflexión Académica en Diseño y Comunicación*, una publicación académica centrada en cuestiones de enseñanza-aprendizaje en los campos del diseño y las comunicaciones. La publicación (ISSN 1668-1673) se edita anualmente desde el 2000 con una tirada de 1000 ejemplares que se distribuyen en forma gratuita.

• **Actas de Diseño**

Actas de Diseño es una publicación semestral de la Facultad de Diseño y Comunicación, que reúne ponencias realizadas por académicos y profesionales nacionales y extranjeros. La publicación se organiza cada año en torno a la temática convocante del Encuentro Latinoamericano de Diseño, cuya primera edición fue en Agosto 2006. Cabe destacar que la Facultad ha sido la coordinadora del Foro de Escuelas de Diseño Latinoamericano y la sede inaugural ha sido Buenos Aires en el año 2006.

La publicación tiene el Número ISSN 1850-2032 de inscripción y tiene comité de arbitraje.

Síntesis de las instrucciones para autores

Cuadernos del Centro de Estudios en Diseño y Comunicación [Ensayos]
Facultad de Diseño y Comunicación. Universidad de Palermo. Buenos Aires, Argentina.
www.palermo.edu/dyc

Los autores interesados deberán enviar un abstract de 200 palabras en español, inglés y portugués que incluirá 10 palabras clave. La extensión del ensayo no debe superar las 8000 palabras, deberá incluir títulos y subtítulos en negrita. Normas de citación APA. Bibliografía y notas en la sección final del ensayo.

Presentación en papel y soporte digital. La presentación deberá estar acompañada de una breve nota con el título del trabajo, aceptando la evaluación del mismo por el Comité de Arbitraje y un Curriculum Vitae, el mismo se consignará al final de cada artículo, donde se incluirá una breve reseña de sus antecedentes académicos y profesionales más recientes.

Artículos

- . Formato: textos en Word que no presenten ni sangrías ni efectos de texto o formato especiales.
- . Autores: los artículos podrán tener uno o más autores.
- . Extensión: entre 25.000 y 40.000 caracteres (sin espacio).
- . Títulos y subtítulos: en negrita y en Mayúscula y minúscula.
- . Fuente: Times New Roman. Estilo de la fuente: normal. Tamaño: 12 pt. Interlineado: sencillo.
- . Tamaño de la página: A4.
- . Normas: se debe tomar en cuenta las normas básicas de estilo de publicaciones de la American Psychological Association APA.
- . Bibliografía y notas: en la sección final del artículo.
- . Fotografías, cuadros o figuras: deben ser presentados en formato tif a 300 dpi en escala de grises. Importante: tener en cuenta que la imagen debe ir acompañando el texto a modo ilustrativo y dentro del artículo hacer referencia a la misma.

Importante

La serie Cuadernos del Centro de Estudios en Diseño y Comunicación sostiene la exigencia de originalidad de los artículos de carácter científico que publica.

El sistema de evaluación de los artículos se realiza en dos partes. En una primera instancia, el Comité Editorial evalúa la pertinencia de la temática del trabajo, para ser publicada en la revista. La segunda instancia corresponde a la evaluación del trabajo por especialistas. Se usa la modalidad de arbitraje doble ciego, permitiendo a la revista mantener la confidencialidad del proceso de evaluación.

Para la evaluación se solicita a los árbitros revisar los criterios de originalidad, pertinencia, actualidad, aportes, y rigurosidad científica. Será el Comité Editorial quien comunica a los autores los resultados de la misma.

Uso de herramientas de Inteligencia Artificial (IA)

El uso de herramientas de IA debe limitarse exclusivamente a tareas de apoyo editorial (corrección gramatical, mejora estilística, adecuación a normas de citación, organización formal del texto, entre otras). No está permitido su empleo para la generación de ideas, marcos teóricos, análisis, interpretación de resultados ni conclusiones. Su utilización deberá declararse expresamente. Los autores conservan la autoría intelectual plena y la responsabilidad integral sobre el contenido.

Consultas

En caso de necesitar información adicional escribir a publicacionesdc@palermo.edu o ingresar a http://fido.palermo.edu/servicios_dyc/publicacionesdc/vista/instrucciones.php
Prohibida la reproducción total o parcial de imágenes y textos.

Los contenidos y opiniones publicados en los artículos de la presente edición, es responsabilidad absoluta de cada autor.



Facultad de Diseño y Comunicación

Mario Bravo 1050 . Ciudad Autónoma de Buenos Aires
C1175 ABT . Argentina . www.palermo.edu/dyc