

Presentación

Introducción

Neurotecnología en el aula: Investigación actual y futuro potencial

Neurotechnology in the classroom: Current research and future potential

Editores Temáticos / Guest-edited issue:

Dr. Michael-S.C. Thomas, Universidad Birkbeck de Londres (Reino Unido)

Dr. Jo-Van Herwegen, Instituto de Educación UCL (Reino Unido)

Dra. María-José Hernández-Serrano, Universidad de Salamanca (España)



El desarrollo incipiente de neurotecnologías está brindando nuevas oportunidades para la investigación educativa en entornos cognitivamente diversos. En la actualidad, ya es posible examinar mecanismos, procesos e interacciones alumno-profesor en el contexto natural del aula mediante el uso de diferentes neurotecnologías portátiles: de seguimiento ocular («eye-tracking»), de medición de ondas cerebrales (EEG), de actividad electrodérmica (EDA), o de otros dispositivos móviles como las «Brain-Computer Interface for Education» (BCIE), o los dispositivos de «functional near-infrared spectroscopy» (fNIRS). Con este desarrollo, en los últimos años ha proliferado un campo creciente de estudios que defienden la investigación en entornos de aula naturalistas (Dahlstrom-Hakki et al., 2019; Janssen et al., 2021; Godwin et al., 2022), estudios de aula en el mundo real (Bevilacqua et al., 2019; Salazar et al., 2021; Davidesco et al., 2023; Matuk & Linn, 2023), así como estudios auténticos o de validez ecológica (Van-Atteveldt et al., 2018; Pierguidi et al., 2019; Thomas et al., 2019; Mangaroska et al., 2021).

¿Qué se entiende por neurotecnología? La neurotecnología comprende una serie de técnicas que ofrecen indicaciones sobre el funcionamiento del cerebro, al margen de su manifestación en los tipos de comportamiento que los educadores suelen supervisar para hacer un seguimiento del progreso de los alumnos en el aprendizaje. Por tanto, su uso se basa en el supuesto de que la forma en que el aprendizaje se implementa en el cerebro será relevante para los educadores (Thomas et al., 2020). Estas tecnologías pueden reflejar directamente marcadores fisiológicos de la función cerebral, como en las descargas eléctricas del cerebro (EEG) o su flujo sanguíneo oxigenado (fNIR); pueden reflejar marcadores corporales del funcionamiento del sistema nervioso autónomo simpático, que a menudo indexan procesos emocionales (actividad electrodérmica); o pueden detectar marcadores sutiles de comportamiento que reflejen procesos de atención o recuperación de la memoria (seguimiento de la mirada). En conjunto, estas medidas pueden ofrecer una ventana a la participación de los alumnos en el aula, sus conocimientos actuales y la naturaleza del aprendizaje a medida que se desarrolla.

La neurotecnología puede aportar dos ventajas a las aulas. Por un lado, puede ofrecer a los educadores información en tiempo real para orientar sus prácticas, ya sea sobre el estado actual de sus alumnos o sobre la eficacia de las actividades que está llevando a cabo el profesor, aunque el reto técnico que supone convertir instantáneamente los datos neurotecnológicos enriquecidos en un formato utilizable desde el punto de vista educativo hace que esto siga siendo más una promesa que una realidad. La segunda ventaja es que el uso de neurotecnologías en el aula proporciona una mayor validez ecológica para estudiar el aprendizaje y la instrucción en el contexto en el que se producen, en lugar del contexto artificialmente controlado del laboratorio. Esto significa que el uso de neurotecnologías en el aula considera el contexto sensorial, emocional y social encarnado en el que se producen realmente la enseñanza y el aprendizaje.

Presentación

Introduction

Comunicar, 76, XXXI, 2023

Este monográfico es una aportación a este ámbito emergente, donde se ha recopilado una variedad de estudios realizados en España, Portugal, Iberoamérica o Taiwán, realizados con diferentes neurotecnologías, enfoques y perspectivas, pero de validez relevante para seguir comprendiendo el alcance de estas neurotecnologías, su aplicabilidad, o los nuevos enfoques de investigación responsable e innovación educativa en el aula.

El trabajo de Serrano-Mamolar, Miguel-Alonso, Checa y Pardo-Aguilar («Hacia una metodología de evaluación del rendimiento del alumno en entornos de aprendizaje iVR utilizando eye-tracking y aprendizaje automático») presenta una experiencia de uso de datos del seguimiento



ocular en entornos de aprendizaje de Realidad Virtual inmersiva (iVR) como una combinación del uso de neurotecnologías y de técnicas básicas de «Machine Learning», a través de las cuales se puedan evaluar la calidad de las condiciones de aprendizaje y predecir los rendimientos de los aprendices. Se trata de modelos y algoritmos que deben garantizar aún mayores niveles de precisión, pero con resultados prometedores para entender los factores y los condicionantes estresores que influyen durante las sesiones de aprendizaje.

El estudio de Juárez-Varón, Bellido-García y Gupta («Análisis del estrés, atención, interés y conexión emocional en la enseñanza superior presencial y online: Un estudio neurotecnológico») presenta un experimento de estudiantes de máster donde se usan diferentes tipos de neurotecnologías (respuesta galvánica, electroencefalografía y seguimiento ocular) para comparar registros cerebrales que puedan medir niveles de atención, interés, estrés y conexión emocional («engagement»), en un contexto educativo presencial y otro online. Los resultados arrojaron diferencias que indican que los niveles de activación cerebral son más elevados en el contexto presencial, con implicaciones relevantes para el estudio de la activación atencional.

El trabajo de Sáiz-Manzanas, Marticorena-Sánchez, Martín-Antón, Almeida y Carbonero-Martín («Aplicación y retos de la tecnología de movimiento ocular en Educación Superior») realiza una contribución innovadora en un entorno natural de aula, que ha sido desarrollada entre investigadores españoles y portugueses con neurotecnologías de seguimiento ocular. El estudio sirve para valorar la funcionalidad de esta tecnología y para comprender los retos que presenta para el profesorado que pretenda usarla, que no se centran sólo en saber manejar los dispositivos tecnológicos, sino en adquirir habilidades para el análisis de los múltiples datos generados («Educational Data Mining»), comprendiendo qué significado tienen las diferentes métricas para explicar los procesos de aprendizaje en el aula y qué puede ofrecer esta neurotecnología para la mejora de la docencia.

El trabajo de García-Monge, Rodríguez-Navarro y Marbán («Potencialidades y limitaciones de la usabilidad de dispositivos EEG en contextos educativos») presenta un estudio con escolares de Educación Primaria que verifica las potencialidades los dispositivos portátiles de electroencefalografía para la medición de los procesos cognitivos y emocionales. A la vez que presenta algunas limitaciones asociadas a cuatro diferentes dispositivos EEG existentes en el mercado, que varían en cuanto al coste, la facilidad de uso, las señales emitidas o la utilidad de los datos generados. Es un estudio de iniciación básica para los educadores e investigadores de la educación que pretendan explorar el

uso de estos dispositivos en las aulas. Y el trabajo de Hidalgo-Muñoz, Acle-Vicente, García-Pérez y Tabernero-Urbieta («Aplicación de la neurotecnología en alumnado con TDA-H: Una revisión paraguas») presenta una revisión de estudios que han usado las neurotecnologías para mejorar la sintomatología y favorecer las capacidades cognitivas de los escolares con trastorno por déficit de atención e hiperactividad, hallando que el «neurofeedback» y la estimulación transcranial son las más frecuentemente utilizadas. Esta revisión demuestra que los estudios son aún incipientes, requiriéndose más estudios que informen sobre los requisitos éticos de su aplicación en el aula, las implicaciones de su uso para el profesorado, así como del uso de otras neurotecnologías como el hiperescaneo, e incluso sobre errores aprendidos de experimentos que aseguren umbrales de seguridad y calidad de los resultados.

Todos estos estudios, y otros que se vienen publicando hasta el momento, se han realizado desde un enfoque prudente (Janssen et al., 2021; Privitera & Hao, 2022), desde el que se avanza posibilidades para comprender el cerebro que aprende, ofreciéndole guías personalizadas, pero desde el que también advierte limitaciones que se relacionan con la validez ética y ecológica. Entre las potencialidades, destaca la inmediatez para obtener y analizar datos en tiempo real, tanto de profesores como de alumnos (Dikker et al., 2022), y la posibilidad de comprender los efectos de la interacción educativa a través de la actividad inter-cerebral (Matuk & Linn, 2023; Davidesco et al., 2023). Y entre las limitaciones, se hallan los principales retos que plantea la investigación natural con neurotecnologías (duración de los experimentos, interferencias, fallos de estímulo, o repetición excesiva de las tareas), las limitaciones propias de los dispositivos portátiles (calibración, desconexión, incomodidad), la neuro-predicción (Van-Attenveld, 2018) o inferencia a partir de medidas indirectas o anatómicas, a partir de tareas insuficientes o los problemas de replicación, incluso en términos de coste de dispositivos, desde donde ha surgido una nueva tendencia de neuroinvestigación de bajo coste o asequible (Valliappan et al., 2020; Pierguidi et al., 2019). A estas consideraciones hay que añadir también las preocupaciones éticas (UNESCO, 2022) y la propuesta de principios más específicos sobre la investigación responsable en educación, que garantice que los dispositivos neurotecnológicos sigan siendo no-invasivos, lleguen a escuelas vulnerables o respeten cuestiones étnicas (Davidesco et al., 2021; Genser & Herrmann, 2022), a la vez que se protejan los registros generados, respetando la privacidad de los neurodatos, especialmente de los menores.

Con los límites presentes, comprendemos que la investigación con neurotecnologías en el aula es un ámbito aún por explorar, pero de gran interés, lo demuestran las múltiples contribuciones recibidas a este monográfico, en el que también han colaborado revisores expertos, a los que agradecemos sus aportaciones. Este monográfico ha ayudado a visibilizar este ámbito innovador y multidisciplinar y a comprender cómo con las nuevas tecnologías generan nuevas posibilidades, pero también nuevas responsabilidades para reflexionar sobre la futura agenda educativa.

Apoyos

Este monográfico ha contado con el apoyo del Centro de Neurociencia Educativa de la Universidad de Londres (www.educationalneuroscience.org.uk). Y con el apoyo del proyecto de investigación europeo: 2020-1-UK01-KA226-VET-094538.

Referencias

- Bevilacqua, D., Davidesco, I., Wan, L., Chaloner, K., Rowland, J., Ding, M., Poeppel, D., & Dikker, S. (2018). Brain-to-brain synchrony and learning outcomes vary by student-teacher dynamics: Evidence from a real-world classroom electroencephalography study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 31(3), 401-411. https://doi.org/10.1162/jocn_a_01274
- Dahlstrom-Hakki, I., Asbell-Clarke, J., & Rowe, E. (2019). Showing is knowing: The potential and challenges of using neurocognitive measures of implicit learning in the classroom. *Mind, Brain, and Education*, 13(1), 30-40. <https://doi.org/10.1111/mbe.12177>
- Davidesco, I., Laurent, E., Valk, H., West, T., Milne, C., Poeppel, D., & Dikker, S. (2023). *The temporal dynamics of brain-to-brain synchrony between students and teachers predict learning outcomes*. Psychological Science. <https://doi.org/10.1177/09567976231163872>
- Davidesco, I., Matuk, C., Bevilacqua, D., Poeppel, D., & Dikker, S. (2021). Neuroscience research in the classroom: portable brain technologies in education research. *Educational Researcher*, 50(9), 649-656. <https://doi.org/10.3102/0013189X211031563>
- Dikker, S., Mech, E.M., Gwilliams, L., West, T., Dumas, G., & Federmeier, K.D. (2022). Intergenerational neurobehavioral coupling during naturalistic communication. *Psychology of Learning and Motivation*, 77.
- Genser, J., & Herrmann, S. (2022). Protection NGOs in the age of neurotechnology. In *The protection roles of human rights NGOs* (pp. 63-76). Brill Nijhoff. https://doi.org/10.1163/9789004516786_005
- Godwin, K.E., Leroux, A.J., Scupelli, P., & Fisher, A.V. (2022). Classroom design and children's attention allocation: Beyond the laboratory and into the classroom. *Mind, Brain, and Education*, 16(3), 239-251. <https://doi.org/10.1111/mbe.12319>
- Janssen, T.W., Grammer, J.K., Bleichner, M.G., Bulgarelli, C., Davidesco, I., Dikker, S., Jasinska, K.K., Siugzdaitė, R., Vassena, E., Vatakis, A., Zion-Golumbic, E., & Van-Attenveld, N. (2021). Opportunities and limitations of mobile neuroimaging technologies in educational neuro-

- science. *Mind, Brain, and Education*, 15(4), 354-370. <https://doi.org/10.1111/mbe.12302>
- Mangaroska, K., Martinez-Maldonado, R., Vesin, B., & Gašević, D. (2021). Challenges and opportunities of multimodal data in human learning: The computer science students' perspective. *Journal of Computer Assisted Learning*, 37(4), 1030-1047. <https://doi.org/10.1111/jcal.12542>
- Matuk, C., & Linn, M.C. (2023). Students' perceptions of the impacts of peer ideas in inquiry learning. *Instructional Science*, 1-38. <https://doi.org/10.1007/s11251-022-09607-3>
- Pierguidi, L., Guazzini, A., Imbimbo, E., Righi, S., Sorelli, M., & Bocchi, L. (2019). Validation of a low-cost EEG device in detecting neural correlates of social conformity. In *2019 41st Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)* (pp. 3131-3134). IEEE. <https://doi.org/10.1109/EMBC.2019.8856716>
- Privitera, A.J., & Hao, D. (2022). Educational neurotechnology: Where do we go from here? *Trends in Neuroscience and Education*, 100195. <https://doi.org/10.1016/j.tine.2022.100195>
- Salazar, M., Shaw, D.J., Gajdoš, M., Mareček, R., Czekóová, K., Mikl, M., & Brázdil, M. (2021). You took the words right out of my mouth: Dual-fMRI reveals intra- and inter-personal neural processes supporting verbal interaction. *NeuroImage*, 228. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2020.117697>
- Thomas, M.S.C., Ansari, D., & Knowland, V.C.P. (2019). Annual research review: Educational neuroscience: progress and prospects. Review. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 60(4), 477-492. <https://doi.org/10.1111/jcpp.12973>
- Thomas, M.S.C., Mareschal, D., & Dumontheil, I. (2020). *Educational neuroscience: Development across the lifespan*. Psychology Press. <https://doi.org/10.4324/9781003016830>
- UNESCO (Ed.) (2022). *Ethical issues of neurotechnology: Report*. <https://bit.ly/45KSjng>
- Valliappan, N., Dai, N., Steinberg, E., He, J., Rogers, K., Ramachandran, V., Xu, P., Shojaeizadeh, M., Kohlhoff, K., & Navalpakkam, V. (2020). Accelerating eye movement research via accurate and affordable smartphone eye tracking. *Nature Communications*, 11(1), 4553. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-18360-5>
- Van-Atteveldt, N., van-Kesteren, M.T., Braams, B., & Krabbendam, L. (2018). Neuroimaging of learning and development: improving ecological validity. *Frontline Learning Research*, 6(3), 186. <https://doi.org/10.14786/flr.v6i3.366>