



La actividad electroencefalográfica asociada a la carga cognitiva, el estrés y las emociones en un grupo de profesores de ciencias experimentales

Carolina María González Velásquez^{1*}, Bartolomé Vázquez Bernal²,
María Ángeles de las Heras Pérez³, Johnatan Mena Salcedo⁴,
Mateo Osorio Higueta⁴, Juan Pablo Murillo Escobar⁴

¹ Universidad de Antioquia, Instituto Tecnológico Metropolitano,  0000-0003-3731-1593

² Profesor Honorario Departamento de Didácticas Integradas. Grupo Investigación DESYM (HUM-168). Universidad de Huelva.  0000-0002-9120-5751

³ Prof. Titular del Dep. de Didácticas Integradas Área de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Facultad de Educación, Psicología y CC. Deporte. Centro de Investigación COIDESO. Universidad de Huelva.  0000-0002-3640-8337

⁴ Instituto Tecnológico Metropolitano

Este artículo presenta el registro y análisis de la actividad eléctrica de señales EEG en situaciones de carga cognitiva, estrés y reconocimiento de emociones como parte de una investigación doctoral que se llevó a cabo con un grupo focal de profesores universitarios de ciencias experimentales colombianos. Uno de los propósitos del estudio fue analizar los cambios fisiológicos de la actividad eléctrica del cerebro debido a las actividades de enseñanza que implican la carga cognitiva, el estrés y el reconocimiento de las emociones que desencadena este proceso para el grupo de profesores. Para la adquisición de los ritmos de las señales EEG se utilizó un dispositivo llamado Emotiv EPOC+ y un grupo de pruebas psicométricas adaptadas para inducir señales eléctricas, que nos sirvieron para relacionarlas con las labores de los profesores. Utilizamos diversas funciones matemáticas para analizar y clasificar las señales obtenidas.

En la actualidad numerosos estudios han demostrado que la neuroimagen, que es una técnica muy potente y usa diferentes pruebas, ha mejorado la comprensión de los mecanismos subyacentes al aprendizaje, como es el caso de la electroencefalografía (EEG), ya que es una técnica muy conocida en neurofisiología¹, donde se registra la actividad eléctrica en el cerebro derivada de la actividad neuronal, siendo uno de los métodos más utilizados. Su uso se ha intensificado debido a los avances de la tecnología, lo que ha facilitado el desarrollo de más investigaciones que buscan una mayor portabilidad y adaptación. Esta vinculación confiere una mayor validez ecológica en las investigaciones interdisciplinarias, al poder incluir más participantes en los diseños metodológicos². Además, estas técnicas contribuyen con el desarrollo de investigaciones innovadoras en este campo de conocimiento³.

*Correspondencia

Carolina María González Velásquez
carolinam.gonzalez@udea.edu.co

Editora

Laia Lluch Molins (Universitat de
Barcelona, España)

Revisores

Estudiantes de la Escola Mare de
Déu de Núria

Derechos de autor

© Carolina María González
Velásquez, Bartolomé Vázquez
Bernal, María Ángeles de las Heras
Pérez, Johnatan Mena Salcedo,
Mateo Osorio Higueta, Juan Pablo
Murillo Escobar, 2025

Esta publicación está sujeta a la
Licencia Internacional Pública
de Atribución/Reconocimiento-
NoComercial 4.0 de Creative
Commons.



Ahora bien, se ha establecido que las medidas neurales obtenidas a través del EEG pueden indicar el nivel de demanda cognitiva asociada a tareas específicas, dado que se ha identificado la capacidad para proporcionar una monitorización continua y no intrusiva, lo que permite entender cómo funciona nuestro cerebro. Estudios como los de Bruya y Tang⁴ han indicado que los recursos cognitivos tienen una dimensión metabólica en el tejido nervioso, lo que sugiere que su consumo es un fenómeno bioquímico y fisiológicamente medible.

En este sentido, el presente estudio tuvo como propósito caracterizar la actividad eléctrica de señales EEG en situaciones de carga cognitiva, como son las actividades de enseñanza, en un grupo de profesores universitarios de ciencias experimentales colombianos. Los resultados nos ofrecieron información valiosa sobre estos procesos fisiológicos que ocurren en el cerebro durante la impartición de clases de este grupo de profesores de ciencias, y con ello podemos buscar alternativas para potenciar la enseñanza desde dicha comprensión.

Para la adquisición de las señales utilizamos diferentes funciones matemáticas y las relacionamos con datos numéricos obtenidos de la aplicación de unas pruebas psicométricas llamadas Wisconsin y Neuropsi. Además, se utilizaron técnicas de aprendizaje de máquina, o *machine learning*, y registramos en tiempo real, a través del dispositivo Emotiv EPOC+ (ver figura 1), las señales eléctricas derivadas de las actividades de enseñanza en el aula.

Las señales que puede registrar el dispositivo son: delta δ (1–3 Hz), theta θ (4–7 Hz), alpha α (8–12 Hz), beta β (13–30 Hz) y gamma γ (31–80 Hz); cada ritmo o banda presenta ciertas características que se asocian con tareas específicas que desarrollamos en diferentes escenarios de nuestra cotidianidad.

Adicionalmente, se registraron señales cuando los profesores del estudio se encontraban enseñando sus asignaturas en la universidad. Registramos sus expresiones faciales, su tono de voz y el ritmo cardíaco con una pulsera especial infrarrojo, mediante la cual fue posible identificar estos cambios fisiológicos.

Debido a este proceso pudimos identificar que el profesor 1 registró mayor actividad cuando explicaba contenidos con mucha concentración para llevar a cabo esta tarea, en tanto para el profesor 2 encontramos una relación entre el ritmo de



Figura 1. Dispositivo Emotiv EPOC+®.

banda EEG y la frecuencia cardíaca, ya que el docente tuvo que explicar en varias ocasiones procedimientos matemáticos en física, específicamente en termodinámica. Con posterioridad a la clase, este mismo docente refirió haber sentido una situación estresante derivada de la intervención ante las respuestas permanentes que tuvo que dar y el desafío de que los estudiantes dieran respuesta afirmativa ante la cuestión: “¿Han comprendido el proceso y la relación de la ecuación?”.

Para el profesor 3, su registro de mayor actividad fue cuando escuchaba a sus estudiantes, ya que era un grupo muy numeroso; en contraste con el profesor 4 y el profesor 5 para quienes el registro más alto se dio en la lectura, pues allí las bandas fueron alpha y theta. Los profesores expresaron sentir, además de cansancio, emociones como frustración y ansiedad, y declararon que la clase fue estresante.

Seguimos con la experiencia del profesor 6, quien registró mayor actividad en tareas explicativas y demostrativas con ritmos en las bandas theta y beta. El asombro y la satisfacción fueron emociones que destacó, lo que supuso un esfuerzo explicativo para las respuestas de los estudiantes ante las actividades posteriores.

Finalmente, para el profesor 7, los registros indicaron mayor actividad en la banda theta y un aumento de la frecuencia cardíaca al momento de visualizar las imágenes. Las emociones declaradas del docente fueron satisfacción, motivación y excitación. Estas relaciones fisiológicas presentes, en relación con la variabilidad del ritmo cardíaco registrado para cada profesor, aparecen en la **figura 2**.

Adicionalmente, los resultados sugieren que el grupo de profesores, según sus desempeños en las pruebas y actividades de docencia, registraron una carga cognitiva que se relaciona con algunos predictores de estrés. Ahora bien, los resultados podrían indicar valoraciones correlacionadas con los procesamientos ejecutivos propios de tareas que demandan esfuerzo atencional y la capacidad de exhibir flexibilidad cognitiva y control inhibitorio. Una disminución de la memoria de trabajo no solo se puede correlacionar con la edad, sino también con la experiencia de los profesores que manifestaron mayor ansiedad, dado que, como así lo sugirieron⁵, su aumento puede reducir los recursos limitados de este proceso

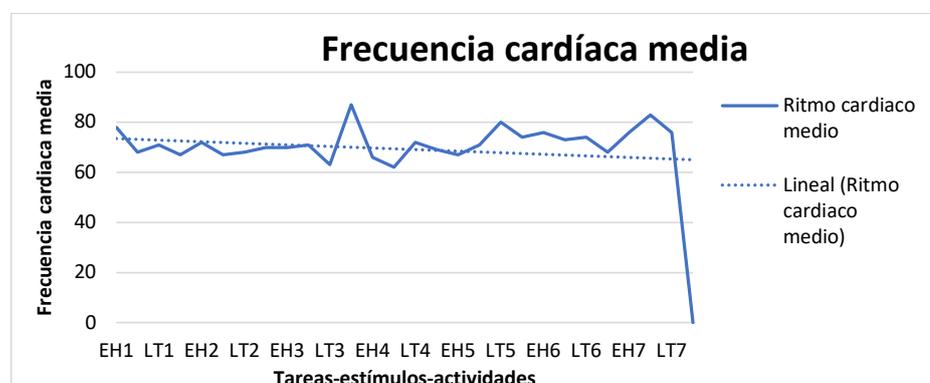


Figura 2. Frecuencia cardíaca media en tareas de enseñanza.

ejecutivo debido a pensamientos intrusivos y preocupaciones. Esta situación connota una incidencia y repercute en el proceso de enseñanza.

También es posible sugerir que las situaciones que causan o desencadenan estrés, carga cognitiva y reconocimiento de emociones son susceptibles de ser medidas y correlacionadas con actividades de docencia a nivel electroencefalográfico, pues junto con la motivación y la cognición, los psicólogos y neurocientíficos pueden reconocer las relaciones fisiológicas y las emociones como una de las tres clases fundamentales de operaciones mentales⁶. Y así, el campo educativo pueden considerar estos hallazgos para fundamentar novedosas alternativas y propuestas de enfoque para el desarrollo personal y profesional de los docentes universitarios.

Finalmente, los hallazgos de este estudio ayudaron en la identificación de los cambios, modificaciones y respuestas ante los ajustes curriculares, evaluativos y didácticos del proceso de enseñanza de las ciencias derivados del programa de formación que recibieron los profesores y que fueron objeto de análisis en otra publicación.

Referencias

1. Chiang, H.+ S., Chen, M. Y., & Liao, L. S. (2022). Cognitive depression detection cyber-medical system based on EEG analysis and deep learning approaches. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, 27(2), 608-616. <https://doi.org/10.1109/JBHI.2022.3200522>
2. Matusz, P. J., Turoman, N., Tivadar, R. I., Retsa, C., & Murray, M. M. (2019). Brain and cognitive mechanisms of top-down attentional control in a multisensory world: Benefits of electrical neuroimaging. *Journal of cognitive neuroscience*, 31(3), 412-430. https://doi.org/10.1162/jocn_a_01360
3. Yen, C.; Lin, C.-L.; Chiang, M.-C. Exploring the Frontiers of Neuroimaging: A Review of Recent Advances in Understanding Brain Functioning and Disorders. *Life* 2023, 13, 1472. <https://doi.org/10.3390/life13071472>
4. Bruya, B., & Tang, Y. Y. (2018). Is attention really effort? Revisiting Daniel Kahneman's influential 1973 book attention and effort. *Frontiers in psychology*, 9, 372633. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.01133>
5. Adolphs, R., Tranel, D., & Damasio, A. R. (2013). The human amygdala in social judgment. In *Autism* (pp. 136-140). Routledge.
6. Eysenck, M. W., & Calvo, M. G. (1992). Anxiety and performance: The processing efficiency theory. *Cognition & emotion*, 6(6), 409-434. <https://doi.org/10.1080/02699939208409696>