



RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia  
ISSN: 1138-2783  
ISSN: 1390-3306  
ried@edu.uned.es  
Asociación Iberoamericana de Educación Superior a Distancia  
España

## Empleo de dispositivos BCI en alumnos para la evaluación docente

**Corona Ferreira, Arturo; Altamirano Santiago, Mijael; López Ortega, María de los Ángeles**  
Empleo de dispositivos BCI en alumnos para la evaluación docente

RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia, vol. 24, núm. 1, 2021

Asociación Iberoamericana de Educación Superior a Distancia, España

**Disponible en:** <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=331464460015>

**DOI:** <https://doi.org/10.5944/ried.24.1.27502>

Los textos publicados en esta revista están sujetos a una licencia "Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional". Puede copiarlos, distribuirlos, comunicarlos públicamente, de forma no comercial y siempre que reconozca los créditos de la obra (autor, nombre de la revista, instituciones editoras) de la manera especificada en la revista.



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

## Empleo de dispositivos BCI en alumnos para la evaluación docente

Use of BCI devices in students for teacher assessment

*Arturo Corona Ferreira 1*

*Universidad Virtual del Estado de Michoacán, México*

*maestrocrona@gmail.com*

DOI: <https://doi.org/10.5944/ried.24.1.27502>

Redalyc: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=331464460015>

*Mijael Altamirano Santiago 2*

*Instituto Politécnico Nacional, México*

*xhuni@yahoo.es*

*Maria de los Angeles Lopez Ortega 3*

*Universidad Virtual del Estado de Michoacán, México*

*angie225@hotmail.com*

Recepción: 13 Mayo 2020

Aprobación: 03 Julio 2020

### RESUMEN:

En este artículo se presenta una metodología para la recolección y estudio de datos multimodales por medio de la integración y uso de un sistema de interfaz cerebro-computador mejor conocidos como BCI, los cuales facilitan la lectura de la actividad fisiológica por medio de técnicas de electroencefalografía (EEG) para lograr analizar los procesos cognitivos que se producen en sujetos que se encuentran dentro de un salón de clase de forma voluntaria con disposición para aprender. El dispositivo BCI de la marca NeuroSky, es considerado como un dispositivo de bajo costo, el cual se utilizó en conjunto con el software de uso libre neuroexperimenter, donde al usarse en conjunto se logra la recolección de datos multimodales en un aula tradicional; los productos obtenidos sirvieron como base para realizar analíticas de los procesos de aprendizaje, para comprender que sucede desde una perspectiva de las neurociencias cognitivas. Los productos de esta metodología pueden ser utilizados como referente para construir reportes a fin de retroalimentar a docentes, donde los datos fisiológicos de los niveles de atención en alumnos abren la oportunidad de interpretar los impactos de las actividades docentes. Lo relevante de este artículo radica en la oportunidad encontrada para usar tecnologías BCI para realizar estudios dentro de un salón de clase de manera objetiva sin emplear instrumentos como un cuestionario.

**PALABRAS CLAVE:** evaluación del profesor, aula, fisiología, nuevas tecnologías, ciencias y tecnología.

### ABSTRACT:

At this paper, we aim to offer a methodology for the collection and study of multimodal data through the integration and use of a brain-computer interface system better known as BCI, which facilitate the reading of physiological activity through electroencephalography (EEG) techniques to achieve analyzing cognitive processes that occur in subjects who are within a classroom voluntarily willing to learn. The BCI device of the NeuroSky brand, which is considered a low cost device, was used in conjunction with the free use software neuroexperimenter, where, being used together, it is possible to collect multimodal data in a traditional classroom; the obtained products served as a basis for conducting analysis of learning processes, to understand what

---

### NOTAS DE AUTOR

- 1 **Arturo Corona Ferreira.** Es Doctor en Educación con TAC por la Universidad Virtual del Estado de Michoacán y profesor Investigador en la UJAT (México), líder del cuerpo académica de Innovación con TAC y coordinador del programa de estudios de la Maestría en TAC en la UJAT. <https://orcid.org/0000-0002-7353-0825>
- 2 **Mijael Altamirano Santiago.** Es doctor en ciencia política y sociología por la Universidad Complutense de Madrid y profesor investigador del Centro de Investigaciones Económicas Administrativas y Sociales y miembro de núcleo académico de la maestría en ciencias en metodología de la ciencia en el mismo instituto dentro del Instituto Politécnico Nacional (México). <https://orcid.org/0000-0001-5194-2944>
- 3 **María de los Ángeles López Ortega.** Doctora en Investigación Psicoanalítica, Doctora en Arte y Cultura, Maestra en Psicoterapia Humanista, Licenciada en Psicología y Licenciada en Administración de Empresas. Autora de 8 libros, de capítulos de libros y artículos. Miembro fundador de la Asociación Michoacana de Psicólogos y Psicoterapeutas (AMIPSI). <https://orcid.org/0000-0002-1435-8009>

happens from a perspective of cognitive neuroscience. The products of this methodology can be used as a reference for building reports to provide teachers feedback, where physiological data on the levels of attention in students open the opportunity to interpret the impacts of teaching activities. The relevance of this paper lies in the opportunity found to use BCI technologies so as to carry out studies within a classroom in an objective manner without using instruments such as a questionnaire.

**KEYWORDS:** teacher assessment, classroom, physiology, new technologies, science and technology.

La lectura de la actividad cognitiva mediante el uso de instrumentos EEG es una práctica cada vez más común que se realiza mediante tecnología BCI. Esta tecnología utiliza dispositivos EEG que son de un costo considerable y no son fáciles de operar. El reciente lanzamiento de dispositivos de bajo costo EEG inalámbricos abre la posibilidad para la comunidad de investigación de todo el mundo (Das, Chatterjee, Sinharay y Sinha, 2014).

Las neurociencias y las tecnologías de la información hoy en día han evolucionado a tal grado que pueden apoyarse mutuamente para identificar las señales fisiológicas que se generan por las emociones y los detonantes de motivación por medio de electroencefalograma (EEG).

Las técnicas EEG consisten en obtener señales eléctricas a partir de la actividad del cerebro y se dividen en dos tipos: la primera es la invasiva, donde se implantan electrodos dentro del cráneo del paciente, que a pesar de las complicaciones naturales relacionadas, ésta tiene a favor el hecho de que se puede focalizar la señal, distinguiendo una zona específica del cerebro; la segunda técnica es la no invasiva, consiste en colocar sensores sobre el cuero cabelludo, a través de pares de electrodos que se utilizan para leer las señales eléctricas de la actividad eléctrica del cerebro. Ambos tipos de técnicas consideran los principios de pequeñas diferencias de voltaje entre electrodos y estos suelen registrar valores de entre 30 y 100  $\mu$ V por lo que normalmente deben ser amplificadas, es así como la actividad eléctrica, se produce cuando las neuronas se comunican (Torres, Sánchez y Baus, 2014).

## Los dispositivos BCI y sus aplicaciones

Dado que el cerebro humano por su naturaleza se divide en hemisferios cerebrales y estos a su vez se dividen en lóbulos, el dispositivo BCI que se considera en este estudio funcional en la lectura del lóbulo frontal, donde es este lóbulo donde se realizan todas las funciones como una serie de procesos, cuyo principal objetivo es facilitar la adaptación a situaciones nuevas; opera mediante la modulación o el control de las habilidades cognitivas básicas. Bello (2016) declara que estas habilidades son procesos sobreaprendidos mediante la práctica o la repetición e incluye habilidades motoras y cognitivas como la lectura, la memoria y el lenguaje.

Hoy en día se han identificado diversas tecnologías que permiten la lectura de la actividad cerebral por medio de técnicas EEG, una de ellas se identifica en el estudio realizado por la Universidad Uşak en el cual monitorearon los niveles de atención de los estudiantes al usar materiales visuales en cursos usando electroencefalografía. En esta investigación valoraron el uso de recursos como PowerPoint, internet, mapas digitales, gráficos, comparando su uso en plataformas LMS y en clases magistrales. Uno de sus principales hallazgos de la investigación fue que el flujo de estímulos se interrumpe más frecuentemente en las clases presenciales, principalmente cuando un compañero entra tarde o por conversaciones de otros ajenas a la clase, mientras que los que trabajan de manera independiente en plataformas realizaron de forma fluida sus tareas (Sezer, İnel, Seçkin y Uluçınar, 2015).

Otro caso de investigación es el desarrollo de una aplicación denominada EngageMeter; el cual es un sistema que permite obtener información precisa en tiempo real sobre el nivel de atención que tienen los alumnos de un curso, mediante el uso de BCI, donde los datos obtenidos reflejan las reacciones de la audiencia

en clase al presenciar presentaciones, de esta manera, obtienen pautas de como presentar sus diapositivas e insertar elementos adicionales (Hassib y otros, 2017).

Xu, Zhou, Wang y Peng (2018) analizaron 22 trabajos donde se realizaron el uso de dispositivos BCI, identificando que en el 82% de los trabajos se empleó el dispositivo NeuroSky, adicional estos mismos autores destacan que existe una escasez de estudios en las aulas naturalistas, donde se refleja la obtención de datos de las ondas cerebrales de los estudiantes dentro de sus aulas, por lo cual existe la necesidad de realizar estudios en esta área.

## El dispositivo Neurosky

Las nuevas tecnologías como BCI, permiten a la psicología e incluso en la neurociencia aplicada a la educación el establecer acciones para cerrar algunas brechas en el campo de la educación, donde las analíticas de los aprendizajes brindan el potencial del sustento a un entendimiento más profundo del comportamiento de los estudiantes a medida que ellos aprenden en entornos educativos reales (Lodge y Corrin (2017) como se citó en Corona, Altamirano, López y González, 2019).

Los dispositivos EEG Mindwave de la marca NeuroSky son de bajo costo y son fáciles de manipular, estos dispositivos cuentan con un solo canal de lectura y frecuencia de muestreo. La frecuencia de muestreo más baja con la que operan es de 128 Hz o 256 Hz, pero no plantea ningún problema grave, ya que la señal cerebral se limita principalmente a 30Hz en lo que respecta a las aplicaciones BCI (Das et al., 2014).

Xu y otros (2018) presentan que se ha empleado el dispositivo de la marca NeuroSky en trabajos de investigación donde se encuentran involucrados el estudio de los niveles de atención en actividades tales como: procesos de lectura, análisis de las pautas de presentación de los materiales de aprendizaje, gamificación y comportamiento en entornos educativos digitales como e-learning.

El dispositivo BCI Mindwave consta de tres partes; su primer parte y principal es un hardware con un sensor EEG que lee la actividad exclusivamente en el lóbulo frontal, donde los datos de la actividad cerebral son leídos por un sensor seco EEG de un solo canal, el cual permite leer información fisiológica y se ubica en el lóbulo frontal. La segunda parte es un módulo bluetooth que funciona como tecnología de salida de datos al permitir el enlace con un equipo de cómputo y la tercera parte es una librería de software denominado Think Gear, la cual funciona como enlace entre el dispositivo para la recolección de datos y un equipo de cómputo; esta librería cuenta con su propia interfaz de desarrollo, lo que garantiza una flexibilidad.

Un estudio realizado por Rogers et al. (2016) informó que los datos de EEG derivados de un sistema Think Gear contenido dentro de un dispositivo de la marca Neurosky son comparables a los EEG registrados en un sistema convencional de laboratorio y son sensibles a las variaciones estándar de estados de procesamiento mental en reposo y activo.

Una herramienta que puede operar el BCI Mindwave es el software de uso libre Neuroexperimenter desarrollado por Mellender (2016) el cual atiende a este vacío y emplea la librería Think Gear para almacenar los datos de las señales alfa, beta, gama, delta, teta, en sus niveles altos y bajos, además de los niveles de atención y meditación en formatos CSV y R datos en cada sesión de lectura.

Dado que el BCI de la marca Neurosky posee una librería de desarrollo de software, se ha identificado que el software neuroexperimenter de Mellender (2016) es un complemento versatil para su uso en contextos de aula tradicional, al respecto Das et al. (2014) plantean que el software neuroexperimenter funciona como soporte para el dispositivo EEG de adquisición de datos, en otras palabras, este software funciona como un instrumento de apoyo de lectura de señales cerebrales.

Xu y otros (2018) indican que existen evidencias del uso del dispositivo BCI NeuroSky en los trabajos de investigación de los niveles de atención en procesos de lectura, pautas de presentación de los materiales de aprendizaje, gamificación, comportamiento en entornos educativos digitales como e-learning.

## Las neurociencias en los contextos educativos

Immordino-Yang y Fischer (2009) plantean que los nuevos recursos tecnológicos que se han desarrollado para la investigación en las neurociencias traen nueva información y nuevos desafíos para la interpretación; para dar sentido a lo planteado por esta autora, es fundamental que los docentes comprendan la lógica y las limitaciones que proponen los nuevos desarrollos para la investigación de neurociencia.

El considerar el empleo de técnicas de neurociencias en contextos educativos, permiten entender los procesos de aprendizaje; Rodríguez (2008) destaca cuando la enseñanza se consuma al producir el significado del material que el profesor presenta al alumno, las técnicas EEG permiten abordar las investigaciones desde una integración constructiva, al conjuntar una interpretación del pensamiento, sentimiento y acción, siendo el resultado de esto una nueva percepción de la investigación educativa.

Goswami (2006) plantea que actualmente en la sociedad existe una buena voluntad de profesores y educadores hacia el descubrimiento y aplicación de las neurociencias, ya que están interesados en el tema, sienten que se tiene el potencial de hacer importantes descubrimientos sobre el aprendizaje humano y están ansiosos por aprender sobre estos descubrimientos. De igual manera Valderrama y Ulloa (2012) manifiestan que existe interés en la detección de estados mentales humanos a través del análisis de patrones fisiológicos del cerebro.

La actividad cerebral proporciona datos neurofisiológicos, estos sirven como un rastro para el análisis de aprendizaje. Existen pocos aportes donde las trazas de la actividad fisiológica sean consideradas para investigaciones en aprendizajes; durante su ejercicio de investigación monitorearon la actividad cerebral de sujetos que hacían uso de juegos serios frente a un equipo de cómputo, con esta investigación Ninaus pudo identificar los estados cerebrales que están directamente asociados con el aprendizaje de ciertas actividades, para posteriormente mejorar el aprendizaje en sí. En su ejercicio empleó técnicas de neurociencias a fin de transferir los datos neurofisiológicos a datos numéricos para posteriormente hacer un análisis estadístico bajo un enfoque cualitativo (Ninaus et al., 2014).

Este tipo de mediciones fisiológicas llevadas a cabo dentro de un salón de clase son de valor significativo plantean McCain, Mustard y McCuaig (2012), ya que cuando se está en un grado de emoción, el cuerpo humano libera hormonas que preparan la disposición para la acción, por lo tanto para estar con un grado de atención significativo en una clase presencial tradicional, se necesita estar lo suficientemente excitados para estar alerta y comprometidos, lo que formula un estado esencial para el aprendizaje; por lo tanto se abre una oportunidad de investigación con sensores de bajo costo como los de la marca Neurosky, ya que ante una situación estresante para un sujeto, las glándulas suprarrenales, que forman el sistema nervioso y partes del córtex prefrontal del cerebro, son las que determinarán la forma del comportamiento para responder a los estímulos externos que formulan la situación estresante, estos estímulos cerebrales operan mediante señales fisiológicas las cuales pueden ser leídas por un dispositivo BCI con un solo sensor de EEG.

Cuando se habla de aprendizaje, lo primero que viene a nuestra mente es el escenario de un salón de clase donde tienen encuentro un maestro y sus alumnos; para realizar sus procesos de aprendizaje el alumno emplea su cerebro, el cual es el lugar donde se manifiestan las emociones, entonces las emociones y los aprendizajes están relacionados. Desde una perspectiva biológica se puede definir al aprendizaje como el proceso que permite adquirir conocimiento sobre el mundo, el cual depende de la memoria, dado que ella es el proceso de retener y reconstruir este conocimiento en el tiempo (Aguilar, 2017).

Como soporte a lo anterior Goswami (2006) manifiesta que la buena práctica de la enseñanza puede verse socavada por factores cerebrales como la ansiedad por el aprendizaje, los déficits de atención y el escaso reconocimiento de las señales sociales. Todos estos factores perturban la capacidad de aprendizaje de un individuo y también tienen un efecto en otros estudiantes de la misma clase, por lo cual deben ser estudiados. En complemento Xu y otros (2018) plantean que por medio de las técnicas EEG, es posible que los profesores

puedan identificar instantáneamente los niveles mentales de los estudiantes, y así llevar su práctica a hacerlos atentos y meditativos a fin de mejorar los efectos del aprendizaje.

La atención desde una perspectiva cognitiva y siguiendo el modelo de la teoría de procesamiento de la información, se puede analizar a partir de dos categorías principales; primero como habilidad para atender un momento determinado por la mayor cantidad de información posible. En este caso, la atención se considera como una acción que involucra una serie de habilidades para discriminar los estímulos relevantes de los irrelevantes, seleccionando el estímulo correcto y permanecer concentrado por un periodo prolongado; y segundo como habilidad para cambiar de una fuente de información a otra, esto es, tener la capacidad de cambiar de estímulo al completar una tarea, inhibiendo otros estímulos implicados (Cubero, 2006; Barroso, s/f, como se citó en Gavotto, 2015).

Gavotto (2015) al igual que Temoche (2014), plantean que estudiar la atención durante el proceso de enseñanza-aprendizaje implica reconocer que la educación es un proceso complejo, esto significa que no es posible predecir el comportamiento de las personas que están expuestas en este tipo de procesos, ni sus resultados, debido a que se presentan diversas situaciones y circunstancias que ponen en juego variables concomitantes.

Valderrama y Ulloa (2012) plantean que las emociones en sus contextos de acuerdo a diferentes dimensiones representa un trato afectivo, la validez de esto radica en la relación entre la característica fisiológica y la excitación debido a la activación del sistema nervioso autónomo cuando la emoción es generada, siendo así que al medir los niveles de atención y meditación mediante técnicas EEG se evitan interpretaciones subjetivas de percepciones y sustentar así las interpretaciones mediante datos cuantitativos de la disponibilidad fisiológica de cada alumno para lograr alcanzar los aprendizajes; al interpretar estos resultados los datos obtenidos deberán servir como marco de referencia para que un profesor pueda tener un parámetro de referencia para conocer la eficiencia y eficacia de sus actividades frente al grupo.

Como se ha enmarcado en los anteriores párrafos existen vacíos en el uso de dispositivos BCI en contextos educativos presenciales, por tal motivo este artículo se enfoca en la medición individual de los estados mentales de atención y meditación en alumnos en un aula, con el fin de construir conjuntos de datos que permitan entender cómo las condiciones de aprendizaje afectan a un conjunto de alumnos dentro de un salón de clase mediante el uso de los instrumentos BCI y el software neuroexperimenter.

## METODOLOGÍA

Para el desarrollo de esta metodología se consideró el uso de métodos mixtos bajo el método de triangulación de datos, donde según Tashakkori y Teddlie (2010) como se citó en Hamui-Sutton (2013), la metodología mixta tiene en su base estructural la posibilidad de buscar en los resultados las aplicaciones prácticas de los hallazgos. Por otro lado, estos mismos autores justifican que cuando se obtienen datos cuantitativos y cualitativos de manera sistemática existe la posibilidad de reconstruir los momentos, siempre y cuando los datos se recolecten bajo la consideración de una línea de tiempo común. Con fundamento en lo anterior es posible el emplear un dispositivo BCI para la adquisición de señales fisiológicas alfa, beta, gama, delta, teta, así como las señales de atención y meditación bajo la línea de tiempo que propone el software neuroexperimenter junto con la observación naturalista, siempre considerando la misma base de referencia del software a fin de que en una segunda etapa, se logre conjuntar los datos observados con los datos obtenidos por medio del dispositivo en una hoja electrónica de cálculo con recursos excel, esta actividad permite el interpretar los estados mentales y contrastarlos con los estímulos identificados en la actividad didáctica del profesor.

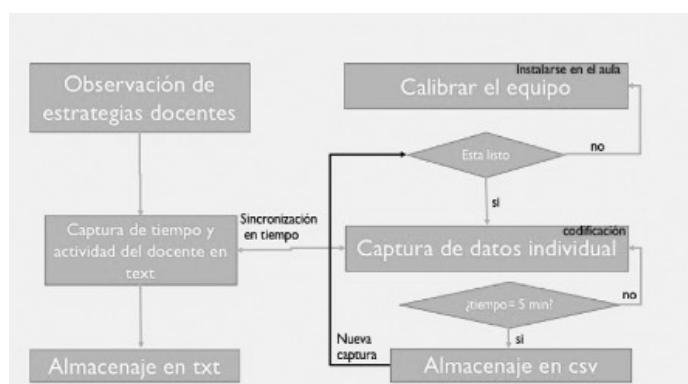
Una limitación operativa que considera la metodología planteada, es el instante de lectura de una sesión como un momento único e irrepetible, ya que los alumnos cuando ingresan al salón de clase lo hacen desde un contexto exterior, el cual puede influenciar el estado fisiológico o emocional de cada alumno; por otro lado las secuencias de contenidos presentadas por el profesor cambian en cada clase, esto lleva a tomar como

una restricción propia de esta metodología y se consideren tiempos de lectura de 5 minutos de cada sujeto para poder realizar el registro de la actividad cerebral a un promedio de 8 alumnos por sesión.

Una restricción que se tuvo para los sujetos que fueron considerados participantes fue el evitar usar lentes o aretes, ya que el sensor EEG de la marca Neurosky no realiza una lectura estable cuando el sujeto porta alguno de estos objetos. Todos los datos obtenidos mediante el uso de la herramienta neuroexperimenter se organizaron en formato CSV, lo que permite una portabilidad de datos para su representación, así como para ser cargados en diversas herramientas de datos como R Estudio, Python o Excel para realizar procesos de analíticas.

El estudio presentado en este artículo se realizó dentro de las instalaciones de la División Académica de Informática y Sistemas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, la cual se ubica al sureste de México. Los datos obtenidos fueron realizados dentro de los espacios de un salón de clase, donde se incluyeron a alumnos de dos grupos de la licenciatura en sistemas computacionales en tiempos distintos. Los resultados atendieron situaciones específicas de la citada división académica, donde todos aceptaron participar de forma voluntaria en el ejercicio de investigación, dándoles en todo momento el anonimato.

En la figura 1 se muestran los pasos realizados para la sistematización de obtención de datos; con el fin de mantener el naturalismo en el grupo, se instaló un equipo de cómputo portátil dentro del aula, sin contaminar visual y contextualmente, por lo cual se ubica en la parte posterior del salón. Posterior a ello se deja iniciar su clase al profesor y se inicia la grabación de datos de la actividad cerebral de cada alumno, aplicando así lo planteado en la figura 1. Como se muestra, la toma de nota de la actividad desempeñada del docente permitió construir los datos cualitativos mientras que el dispositivo BCI construyó los datos cuantitativos, ambos datos se integraron bajo una misma línea de tiempo para crear así la triangulación de los niveles de atención logrados en los alumnos con su práctica docente.



**FIGURA 1**  
Modelo de la sistematización para la adquisición de datos de señales fisiológicas

El dispositivo BCI junto con el software neuroexperimenter son instrumentos que permiten la adquisición de datos, concretamente instrumentos EEG diseñados para leer la actividad cerebral (Das et al., 2014). Estos instrumentos permiten la creación de modelos de datos en formato CSV, en los cuales posteriormente se realizaron analíticas de datos.

Gracias a esta técnica se realizaron lecturas en dos salones de clase, donde en cada salón se tuvieron 4 alumnos y 4 alumnas como sujetos de estudio, los cuales produjeron más de 56000 datos, los cuales se estructuraron en señales alfa, beta1, beta2, gama1, gama2, teta, atención y meditación, estos fueron adquiridos dentro de su salón de clase estando los sujetos activos como alumnos en sus respectivas sesiones de clase.

Los datos reportados en este artículo tienen naturaleza en los alumnos involucrados en el estudio, producto de las etapas de recopilación y procesamiento de datos en tiempo real, para construir los conjuntos de valores de las señales alfa, beta, gama, delta, theta, así como los datos de atención y meditación que se obtienen

mediante el sensor seco de EEG, por medio de los datos adquiridos se logró construir un conjunto de datos que describan las realidades representadas en datos numéricos de los eventos manifestados en los alumnos durante el proceso de aprendizaje, por medio del comportamiento del alumno en su contexto del aula. Al ser datos obtenidos del contexto físico por mediaciones de recursos tecnológicos Amo y Santiago (2017) declaran que, por la naturaleza misma, se les pueden llamar como datos multimodales.

## RESULTADOS

Al tener las representaciones de los datos provenientes de la actividad fisiológica y de las actividades del docente, de una forma sistematizada se puede llegar a beneficiar a los docentes con la retroalimentación, ya que las series de tiempo con los datos representados son creados a partir de los efectos producidos en sus alumnos. Este resultado integra las observaciones y las señales fisiológicas bajo una misma base de tiempo. Para esta investigación, la medición de los niveles de atención y meditación de los alumnos en un contexto educativo de forma voluntaria, son la base naturalista; según Glejzer (2017) la atención es básica para llevar a estados mentales o cognitivos propicios para los procesos de aprendizaje

En el estudio se generaron conjuntos de datos de las señales de atención y meditación por cada alumno para realizar el estudio, los cuales representaron en rangos de 0 a 100, bajo esta estructura de manera general se llegaron a tener los niveles de atención y meditación. Adicionalmente, se realizó la lectura de las actividades fisiológicas producidas por alfa, beta, teta, delta y gama, las cuales reflejan la intensidad de los procesos cognitivos durante la sesión de clase.

El fabricante del dispositivo NeuroSky, tiene establecidas métricas de los niveles de atención bajo el esquema de las métricas eSense, donde define que los valores de atención son representados en escala de 0 a 100, donde los rangos de 40 a 60 indican que el sujeto está en un estado natural de cognición, mientras que los rangos de 60 a 80 revelan un nivel alto de atención y los rangos de 80 a 100 son niveles muy elevados de atención.

Para este estudio de dos grupos de clase se conjuntaron más de 56000 datos de los cuales 4340 representan los datos de atención y meditación producto de actividad fisiológica en 16 alumnos durante una lectura de 5 minutos para cada uno. Cada dato individual representa un caso e integra la información de las cinco señales fisiológicas, así como las mediciones de atención y meditación. En la interpretación de datos que se muestran en la tabla 1 se identifica que en la mayoría de los casos los hombres manifestaron una persistencia en niveles bajos de atención durante su participación en la clase, lo cual no representa que estuvieran desatendiendo al curso de manera continua.

**TABLA 1**  
Resultados de los niveles de atención y meditación de los grupos 1 y 2

Grupo 1	alumna				alumno				Promedio
	1	2	3	4	1	2	3	4	
atención	48.36	53.49	28.33	64.05	25.87	20.87	48.4	35.56	40.61625
meditación	45.49	53.47	53.88	51.9	63.29	65.21	49.06	29.39	51.46125
Grupo 2	alumna				alumno				Promedio
	1	2	3	4	1	2	3	4	
atención	48.34	37.78	28.33	64.14	39.24	45.4	20.87	35.66	39.97
meditación	45.61	53.47	53.88	51.89	45.88	49.05	65.22	22.99	48.49875

Las lecturas de los niveles de atención y meditación cobran alto valor al ser analizados bajo el uso de la métrica eSense, esto debido a que desde las especificaciones del fabricante del dispositivo BCI se definen

rangos propios para aplicar métricas de niveles de atención y meditación. Este fabricante declara que mediciones entre 40 a 60 corresponden a un rango medio de actividad considerado como nivel neutro. Con los parámetros eSense entonces se pueden interpretar que los datos que están entre rango de 40 y 60 en la escala de cero a 100 de atención y meditación son rangos normales de la actividad; por lo tanto las lecturas de los alumnos del grupo uno predominantemente están en un rango normal, sin embargo la alumna 3 y los alumnos 1, 2 y 4 presentan valores por debajo del rango normal, que acuerda con las métricas del sensor EEG, por estar en el rango de valores entre 20 y 40, estos valores indican que los alumnos pueden estar en estados de distracción, agitación o anormalidad y por ser un valor promedio, se puede sustentar que este fue el estado predominante en los 5 minutos de lectura.

Para el grupo dos, sin embargo, la alumna tres y el alumno tres presentan estados de distracción o agitación de forma similar a la del grupo 1, dando así esos comportamientos fuera de lo normal con el resto de los grupos.

Por lo tanto, bajo el enfoque de valores promedio podemos decir que en el grupo uno se tuvieron más estudiantes bajo un estado de distracción y letargo mientras que en el grupo dos únicamente dos estudiantes una mujer y un hombre son los que tuvieron en promedio este comportamiento de distracción total. Dado que los datos son obtenidos de la actividad fisiológica de los estudiantes, esto da un nivel de certidumbre mayor, ya que durante la observación natural no se observó este tipo de comportamiento en los alumnos identificados, por lo tanto, los datos fisiológicos dan un sustento del estado que predominan en el salón de clase.

En los valores promedios totales de cada grupo se puede ver que los valores están por un nivel superior a 40, sin embargo, es necesario aclarar que para los niveles de meditación no es necesario tener una interpretación directa como un letargo tal cual, ya que los niveles de meditación son necesarios para hacer llamados a los procesos de memoria por ejemplo.

## CONCLUSIONES

Al introducir las técnicas de electroencefalografía para la medición de los niveles de atención y meditación por medio de la actividad fisiológica de cada alumno permite aperturar una nueva alternativa para conocer el verdadero estado de un alumno en una clase de corte tradicional, ya que estas mediciones en combinación con la observación natural permiten construir interpretaciones con un alto nivel de fidelidad lo que sucede verdaderamente en una clase. Estas lecturas resultan un aporte al proporcionar un nuevo referente para conocer el estímulo que representa la práctica docente para conocer que tanto provoca en el estado de un alumno su disponibilidad para evocarse en procesos de aprendizaje dentro del aula en una sesión de clase presencial.

Por otro lado, dada la naturaleza de los datos empleados en este estudio, se puede decir que se tiene una mayor certidumbre y el sesgo de la subjetividad de la respuesta escrita o verbal por parte del estudiante deja de ser un parámetro de contaminación o tendencia al medir, debido a que el estado fisiológico con el sensor EEG mide el estado mental bajo el cual está operando el cerebro en una clase, siendo este un proceso relevante al abrir una nueva área de oportunidad para la investigación educativa.

## REFERENCIAS

- Aguilar, F. (2017). *Memoria para optar al grado de doctor bajo el programa de Neurociencias. Implicaciones de las células gliales de microglía y astrocitaria en los procesos de aprendizaje y memoria de reconocimiento de objetos*. Universidad Pablo de Olavide Facultad de Ciencias Experimentales Departamento de Fisiología, Anatomía y Biología Celular. Sevilla España.
- Amo, D., y Santiago, R. (2017). *Learning Analytics. La narración del aprendizaje a través de los datos*. Editorial UOC.

- Bello, R. (2016). *Neurociencias Aplicadas A La Educacion*. Publicación de la Universidad Católica Santo Domingo. República Dominicana. [https://www.researchgate.net/publication/288832530\\_Neurociencias\\_Aplicadas\\_a\\_la\\_Educacion](https://www.researchgate.net/publication/288832530_Neurociencias_Aplicadas_a_la_Educacion)
- Corona, A., Altamirano, M., Ortega, M. D. L. Á., y González, O. A. G. (2019). Analítica del aprendizaje y las neurociencias educativas: nuevos retos en la integración tecnológica. *Revista Iberoamericana de Educación*, 80(1), 31-54. <https://doi.org/10.35362/rie8013428>
- Das, R., Chatterjee, D., Sinharay, A., y Sinha, A. (2014). Cognitive Load Measurement - A Methodology to Compare Low Cost Commercial EEG Devices. *Advances in Computing, Communications and Informatics, ICACCI International Conference. IEEE*. (pp. 1188-1194). <https://doi.org/10.1109/ICACCI.2014.6968528>
- Gavotto, O. (2015). Fundamentos neuropedagógicos para mejorar la atención de los estudiantes en el proceso educativo. *Revista Digital de Investigación Educativa Conect@2 An#o VI*, 11.
- Glejzer, C. (2017). *Las bases biológicas del aprendizaje*. Editorial de la Facultad de Filosofía y Letras Universidad de Buenos Aires. <https://bit.ly/2Y6Sjfo>
- Gómez, M., Vázquez, E. (2018). ¿Qué son las neurociencias? *TEPEXI Boletín Científico de la Escuela Superior Tepeji del Río*, 5(9). <https://doi.org/10.29057/estr.v5i9.2976>
- Goswami, U. (2006). Neuroscience and education: from research to practice? *Nature reviews neuroscience*, 7(5), 406-413. <https://doi.org/10.1038/nrn1907>
- Hamui-Sutton, A. (2013). Un acercamiento a los métodos mixtos de investigación en educación médica. *Investigación en educación médica*, 2(8), 211-216. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-50572013000400006&lng=pt&tlang=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-50572013000400006&lng=pt&tlang=es). [https://doi.org/10.1016/S2007-5057\(13\)72714-5](https://doi.org/10.1016/S2007-5057(13)72714-5)
- Hassib, M., Schneegass, S., Eglspurger, P., Henze, N., Schmidt, A., y Alt, F. (2017). EngageMeter: A system for implicit audience engagement sensing using electroencephalography. In *Proceedings of the 2017 CHI conference on human factors in computing systems* (pp. 5114-5119). <https://doi.org/10.1145/3025453.3025669>
- Immordino-Yang, M. H., y Fischer, K. W. (2009, in press). Neuroscience bases of learning. In V. G. Aukrust (Ed.), *International Encyclopedia of Education*, 3rd Edition, Section on Learning and Cognition. Oxford. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-044894-7.00500-5>
- Linarez-Placencia, G., Espinoza-Castelo, I. M., y Pimentel-Félix, A. (2019). Neurociencia y eneagrama: Reconfigurando los equipos de trabajo Neuroscience and enneagram: Reconfiguring work teams. *Revista de Pedagogía*, 3(8), 6-16. <https://doi.org/10.35429/JCP.2019.8.3.6.16>
- McCain, M., Mustard, F., y McCuaig, K. (2012). Capítulo 2 Vida temprana y aprendizaje, comportamiento y salud. Capítulo 21 del libro *Early Years Study 3: Making decisions. Taking actions*. Segunda Edición.
- Mellender, F. (2016). *neuroexperimenter* (No de versión 4). Windows. Mellender.
- MindWave eSense(tm) Meters. (2009). [http://developer.neurosky.com/docs/doku.php?id=esenses\\_tm#esense\\_tm\\_meters](http://developer.neurosky.com/docs/doku.php?id=esenses_tm#esense_tm_meters)
- Ninaus, M., Kober, S. E., Friedrich, E. V., Neuper, C., y Wood, G. (2014). The potential use of neurophysiological signals for learning analytics. In *2014 6th International Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications (VS-GAMES)* (pp. 1-5). IEEE. <https://doi.org/10.1109/VS-Games.2014.7012169>
- Rogers, J. M., Johnstone, S. J., Aminov, A., Donnelly, J., y Wilson, P. H. (2016). Test-retest reliability of a single-channel, wireless EEG system. *International Journal of Psychophysiology*, 106, 87-96. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2016.06.006>
- Sezer, A., İnel, Y., Seçkin, A. Ç., y Uluçınar, U. (2015). An investigation of university students' attention levels in real classroom settings with neurosky's mindwave mobile (EEG) device. In *International Educational Technology Conference*, İstanbul, Turkey (pp. 27-29).
- Rodríguez, M. (2008). *La teoría del aprendizaje significativo en la perspectiva de la psicología cognitiva*. Editorial Octaedro.
- Temoche, F (2014). *Libro electrónico Neurociencia Cognitiva. Neurociencia: la ciencia del sistema nervioso*. <https://es.scribd.com/document/235167245/Neurociencia-Cognitiva-Dr-Francisco-L-Temoche-Ruiz>

- Torres, F., Sánchez, C., y Baus, K. P. (2014). Adquisición y análisis de señales cerebrales utilizando el dispositivo MindWave. *Actas del Congreso de Reconocimiento de Patrones, Control Inteligente, Comunicaciones e Ingeniería Biomédica, 5*, 83-93.
- Valderrama C., y Ulloa, G. (2012). Análisis espectral de parámetros fisiológicos para la detección de emociones. *Sistemas & Telecomática, 10*(20), 27-49. <https://doi.org/10.18046/syt.v10i20.1148>
- Xu, T., Zhou, Y., Wang, Z., y Peng, Y. (2018). Learning emotions EEG-based recognition and brain activity: A survey study on BCI for intelligent tutoring system. *Procedia Computer Science, 130*, 376-382. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.04.056>

## INFORMACIÓN ADICIONAL

*Cómo referenciar este artículo:* Corona Ferreira, A., Altamirano Santiago, M., y López Ortega, M. (2021). Empleo de dispositivos BCI en alumnos para la evaluación docente. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia, 24*(1), pp. 315-328. doi: <http://dx.doi.org/10.5944/ried.24.1.27502>