





Aspectos motivacionales para generar actividades cerebrales óptimas en el proceso de aprendizaje en un Ambiente Virtual de Aprendizaje^{*}

Motivational Aspects to Stimulate Optimal Brain Activity in the Learning Process in a Virtual Learning Environment

-  Héctor Andrés Bucheli-López^{**}
 Bibiana Patricia Rojas-Arango^{***}
 Sandra María Vergara-Henao^{****}
 María Consuelo Rodríguez-Niño^{*****}



^{*} El presente artículo es resultado del proyecto de investigación *Identificación de herramientas tecnológicas para determinar procesos de enseñanza aprendizaje en la modalidad a Distancia metodología virtual, mediante la medición de señales EEG del grupo de investigación Byte in design, Sujeto, Mente y Comunidad (SUMECO) y SINAPSIS de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD).*

^{**} Docente de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Medellín, Colombia. Investigador vinculado al grupo de investigación Byte in Desing. Estudiante del Doctorado en Ciencias de la Educación de la Universidad Metropolitana de Educación, Ciencia y Tecnología (UMECIT), Panamá. Correo electrónico: hector.bucheli@unad.edu.co

^{***} Docente de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Medellín, Colombia. Investigadora vinculada al grupo de investigación SUMECO. Correo electrónico: bibiana.rojas@unad.edu.co

^{****} Asesora Tecnopedagógica de la Institución Universitaria Digital de Antioquia, Colombia. Investigadora vinculada al grupo SINAPSIS de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Medellín, Colombia. Correo electrónico: sandra.vergara@iudigital.edu.co

^{*****} Docente-Investigadora de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Tunja, Colombia. Directora del grupo de investigación Byte in Desing. Estudiante de Doctorado en Ingeniería con énfasis en ciencias computacionales, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Correo electrónico: mariac.rodriguez@unad.edu.co

Fecha de recepción: 13 de junio de 2020

Fecha de aceptación: 5 de septiembre de 2020

Cómo referenciar / How to cite

Bucheli-López, H. A.; Rojas-Arango, B. P.; Vergara Henao, S. M.; Rodríguez-Niño, M. C. (2021). Aspectos motivacionales para generar actividades cerebrales óptimas en el proceso de aprendizaje en un Ambiente Virtual de Aprendizaje. *Trilogía Ciencia Tecnología Sociedad*, v. 13, n. 24, 61-84. <https://doi.org/10.22430/21457778.1853>

Resumen: este estudio se centró en identificar la variedad de aspectos motivacionales que se pueden implementar en los Ambientes Virtuales de Aprendizaje. Se utilizó el paradigma de investigación cuantitativa, a partir del modelo experimental, donde la variable independiente es el estímulo (motivación) y la variable dependiente es el resultado obtenido en los campos cerebrales que mostraron activación. Para el análisis estadístico se utilizó la *suite* de office Microsoft Excel con la herramienta de análisis de datos. El estudio permitió observar un aumento leve de la actividad cerebral en el área prefrontal del hemisferio derecho, moderado en las áreas temporal y parietal del mismo hemisferio, y leve en el área central y las áreas frontales en ambos hemisferios. El área frontal está relacionada con la construcción y diseños de objetos y figuras, al tiempo que interviene en la memoria de trabajo para el material visual. Esto indica que las personas deben ser estimuladas de diferentes formas, entre las que se encuentran los aspectos motivacionales, para generar estados óptimos en el cerebro para los procesos de aprendizaje. Por lo tanto, se pueden definir estrategias tecnopedagógicas para el diseño de cursos que mejoren la atención, incidan en el aprendizaje significativo y garanticen la permanencia en la modalidad virtual.

Palabras clave: ambientes virtuales de aprendizaje, electroencefalograma, estrategias pedagógicas, neuroeducación.

Abstract: This study aimed to identify the variety of motivational aspects that can be implemented in Virtual Learning Environments. A quantitative research paradigm was used, based on the experimental model, where the independent variable is the stimulus (motivation) and the dependent variable is the result obtained in the brain fields displaying activation. The Microsoft Excel office suite with the data analysis tool was used for statistical analysis. The study showed a slight increase in brain activity in the prefrontal area of the right hemisphere, moderate in the temporal and parietal areas of the same hemisphere, and slight in the central and frontal areas in both hemispheres. The frontal area is related to the construction and designs of objects and figures, as well as to the working memory for visual material. This suggests that people must be stimulated in different

ways, including motivational aspects, to generate optimal states in the brain for learning processes. Therefore, techno-pedagogical strategies can be defined for the design of courses that improve attention, have an impact on meaningful learning and guarantee permanence in the virtual modality.

Keywords: Virtual Learning Environments, electroencephalogram, pedagogical strategies, neuroeducation.

La educación es el gran motor del desarrollo personal

Nelson Mandela

INTRODUCCIÓN

Uno de los principales problemas que enfrenta el sistema de educación superior colombiano concierne a los altos niveles de deserción académica en el pregrado, principalmente en los primeros semestres. «Según estadísticas del Ministerio de Educación Nacional, de cada cien estudiantes que ingresan a una institución de educación superior cerca de la mitad no logra culminar su ciclo académico y obtener la graduación» (Guzmán Ruiz et al., 2009, p. 13).

La educación superior comprende una compleja dinámica que ha llevado a la combinación de estrategias y procedimientos en los cuales incorporar Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), lo que ha permitido dotar y/o ampliar la infraestructura de los servicios educativos en los diferentes grados y niveles de los sistemas educativos. La variedad de este soporte, cuyo elemento nodal es el uso de la Internet para ofertar dichos servicios con denominaciones diversificadas (p. ej. “educación a distancia”, “educación en línea”, etcétera), incluye múltiples recursos tales como redes, plataformas, softwares, repositorios, cursos en línea masivos y abiertos (MOOCS), entre otros (Rojas Moreno & Navarrete Cazales, 2019, p. 28).

Para Colombia, el modelo de educación a distancia que se ha venido desarrollando desde décadas atrás, se ramifica y «se presenta como una metodología que tiene dos modalidades, distancia tradicional y distancia virtual, con una oferta de programas en crecimiento y de alta aceptabilidad en la población como una alternativa para satisfacer las necesidades de educación del país» (Castillo Torres, 2013, p. 5).

De igual forma, se evidencia que los AVA (Ambientes Virtuales de Aprendizaje) son una importante herramienta tecnológica que permite atender las exigencias de las nuevas generaciones, para lo cual se deben desarrollar al interior OVA (Objetos Virtuales de Aprendizaje) que respondan al contexto en el cual serán

implementados. Estos objetos virtuales deben desarrollarse a través de un proceso curricular estricto, que no se limite solamente a formular una experiencia desde la intuición, sino que es necesario generar análisis más detallados. Se trata de un proceso cíclico que exige la revisión permanente de los diseños de AVA para responder a los retos de las generaciones actuales (Perilla Granados, 2018).

Reinventar los ambientes de aprendizaje a partir del uso y de la apropiación de la tecnología implica: innovar los procesos de enseñanza, aprendizaje y evaluación, teniendo como base nuevas teorías como la constructivista, donde se considera que el individuo continúa desarrollando su inteligencia, luego de la interacción con el medio natural y social «dotándose de estrategias y modelos multifacéticos», estableciendo un dialogo con herramientas y recursos adicionales que favorezcan habilidades de síntesis, observación y análisis (Flórez Ochoa, 1994, p. 245), como lo hacen las tecnologías para la educación, las cuales, además de facilitar el acceso, desarrollan competencias y permiten prepararse para la vida. La innovación en los ambientes de aprendizaje vislumbra nuevos futuros para la educación que trascienden a escenarios que no se encuentran enmarcados o referenciados en un entorno o en una metodología específica. El uso y la apropiación de tecnologías no son propios de una metodología o de una modalidad; son medios que a través de la innovación pedagógica transforman los ambientes (Castillo Torres, 2013, p. 7).

Es de mencionar que además de la incursión del enfoque constructivista en la educación superior también se ha abierto la puerta a considerar los aspectos emocionales dentro de ese proceso de enseñanza-aprendizaje que se viene transformando, esto gracias a que la neuroeducación le ha dado el lugar que le corresponde a dichos aspectos, los cuales generalmente no han sido tenidos en cuenta:

La aportación fundamental de la Neurociencia reside en hacer ver a todos los docentes que la puerta de entrada al conocimiento es la emoción. Y que es con la emoción como despierta la curiosidad de la que se sigue la apertura automática de las ventanas de la atención, lo que pone en marcha los mecanismos neuronales del aprendizaje y la memoria (Mora, citado por Falconi Tapia et al., 2017, p. 63).

«Los estudiantes no son únicamente seres intelectuales, también son seres sociales y emocionales y todavía están desarrollando el rango completo de las habilidades intelectuales, sociales y emocionales» (Ambrose et al., 2017, p. 28).

Bravo Valdivieso (2015), en sus investigaciones da a conocer cómo las estrategias cognitivas sumadas a las investigaciones de la neurociencia dejan ver que el sistema neuronal modifica sus conexiones sinápticas para llevar a cabo el proceso de aprendizaje, favoreciendo la asimilación de los contenidos y reconoce que la psicología cognitiva y la neurociencia han llevado caminos diferentes, considerando esto un punto débil en los procesos de enseñanza- aprendizaje. Sin embargo, el autor considera como significativas las primeras investigaciones de Dejèrine (1892) en Francia (áreas cerebrales relacionadas con lectura y escritura); Galaburda y Kemper (1979) (diferencias entre quienes aprenden a leer y quienes presentan dislexia). Así mismo como los estudios actuales que cuentan con nuevas técnicas como Resonancia Magnética Funcional IRMf, Potenciales Evocados (P.E.), Magnetoencefalografía (MEG), Tomografía de emisión de positrones (TEP), entre otros. Los resultados de dichos estudios han permitido reconocer que las estrategias de educación deben tener en cuenta que en el cerebro confluyen aspectos genéticos, experiencias, percepción, aspectos emocionales y se da la activación de áreas específicas según la especificidad del conocimiento (Bravo Valdivieso, 2015, p. 27).

Disciplinas como la neurociencia se han ocupado de hacer un reconocimiento de las áreas cerebrales que intervienen en los diferentes procesos que en la cotidianidad debe realizar el ser humano. Los estudios en educación han favorecido, entre otras cosas, «el reconocimiento de áreas específicas implicadas en trastornos del aprendizaje y del desarrollo, lo cual ha favorecido en la identificación de estrategias de intervención puntuales» (Gago Galvagno & Elgier, 2018 p. 225), así mismo, conocer las bases neuroanatómicas y procesos en los que se respalda el aprendizaje y las posibles dificultades que presente se hace necesario para diseñar programas de intervención en el ámbito educativo (Gracia-Bafalluy & Escolano-Pérez, 2014). «En la Neuroeducación prima el individuo, por lo que no se comprende como ejercicio cerebral solo los procesos cognitivos que atañen al campo del conocimiento, sino a las emociones que están presentes en el proceso de enseñanza y aprendizaje» (Soto Urrea, 2018, p. 5).

En el reconocimiento de las áreas cerebrales se identifica la flexibilidad en la comunicación entre neuronas (sinapsis), es decir, «utilizarlo de forma no habitual estimula la formación de conexiones neuronales. Al cerebro le estimulan los cambios, lo desconocido excita las redes neuronales, por esa razón los ambientes fluidos y variados despiertan la curiosidad favoreciendo el aprendizaje» (Velásquez Burgos et al., 2009, p. 336). Curiosidad que debe ir ligada a «la motivación que puede cultivar el docente como facilitador, [la cual] será efectiva si está asociada al interés de los alumnos, lo cual se produce cuando estos toman conciencia del motivo y de la necesidad de aprender» (Alemán Marichal et al., 2018, p. 1259).

El aspecto motivacional de las personas es importante en el proceso de aprendizaje como se ha explicado en los referentes anteriormente mencionados; en ese sentido, para el proceso experimental en esta investigación, en primera instancia, se ha pretendido comprender los diferentes estímulos y la posible actividad eléctrica existente en determinadas zonas del cerebro, o lóbulos cerebrales, a través de la medición de las ondas y sus principales bandas espectrales: delta (0-4 Hz), theta (3-7 Hz), alfa (8-12 Hz), beta (13-30 Hz) y Gamma (30-40 Hz) (Kawasaki & Yamaguchi, 2012), que son medibles para examinar los procesos cognitivos, afectivos en respuesta a los estímulos a través de electroencefalogramas (EEG), y por último, como lo expresa Pecero Moguel (2018) «mediante el uso de herramientas EEG se puede observar las emociones y reacciones de los alumnos durante el proceso de aprendizaje» (p. 14), algo que normalmente no ha sido tenido en cuenta en los currículos académicos, con el propósito de conocer e identificar los estímulos que podrían intervenir de manera positiva en el comportamiento de las ondas y el lóbulo que se activa frente a estos. Así como lo expresa Manchala (2015), el cerebro se divide en dos hemisferios, el derecho y el izquierdo, y cada hemisferio se divide en dos lóbulos. El lóbulo frontal, se utiliza cuando se planifica, razona, resuelven problemas, movimientos y emociones. El lóbulo parietal, se asocia con la orientación, reconocimiento, movimiento, percepción de estímulos. El lóbulo occipital se localiza en la parte trasera de la cabeza y se asocia principalmente con el proceso visual. Y el lóbulo temporal, que se relaciona con la selección de modelos, la memoria y el procesamiento del discurso y lenguaje.

Para llevar a cabo los procesos de estimulación y motivación en los procesos de enseñanza - aprendizaje, las plataformas digitales se convierten en un herramienta clave dado que permite sistematizar datos desde el diagnóstico hasta la evaluación en el proceso de aprendizaje, explorando cómo las tecnologías digitales influyen

en la forma en que el cerebro ejecuta acciones de aprendizaje y memorización, analizando las dimensiones cognitivas, emocionales y de comportamiento para promover el proceso de aprendizaje e identificación de la efectividad en las estrategias pensadas desde el funcionamiento del cerebro y soportadas en plataformas multimedia para un aprendizaje permanente (Chai et al., 2019).

La gamificación en la educación superior se muestra como una herramienta eficaz para mejorar el grado de percepción de diversas competencias; además, se percibe aumentos en la motivación por parte de los estudiantes (Estévez Gualda et al., 2019, p. 39). Igualmente, se observa que disminuyeron los niveles de deserción en los cursos en los cuales se implementó en una plataforma que incluye la gamificación, se ha mejorado la curva del aprendizaje inicial, y los alumnos que tuvieron acceso a la plataforma manifiestan que se debería implementar en más cursos (Vera et al., 2018, p. 67).

Es así que en el diseño de la investigación se indagaron diferentes estrategias que permiten realizar tanto la captura de la información para la evaluación de actividades educativas que influyen positiva o negativamente en el proceso de aprendizaje como son las señales EEG (Lancheros-Cuesta et al., 2018) y el reconocimiento facial (Tonguç & Ozaydın Ozkara, 2020), las cuales se implementan a través de tecnologías como el Deep Learning (Sáez de la Pascua, 2019), en que evidencian la posibilidad de la articulación y eficiencia de la inteligencia artificial en escenarios educativos.

METODOLOGÍA

La presente investigación se realizó bajo el paradigma cuantitativo, aplicando el modelo de diseño experimental, teniendo en cuenta una muestra aleatoria de personas que se les aplicó los estímulos que se consideran como variable independiente (VI), con la cual, se pudo medir la incidencia en las variables dependientes (VD) que se reflejan en las ondas eléctricas que se reproducen en los equipos de adquisición de datos.

De acuerdo con Hernández Sampieri et al., (2014), los diseños experimentales se utilizan cuando el investigador pretende establecer el posible efecto de una causa que se manipula. El primer requisito es la manipulación intencional de una o más variables independientes. En este estudio se estableció la motivación como

variable independiente, la cual se considera como supuesta causa en una relación entre variables.

El equipo utilizado para el proceso de adquisición de datos es un polígrafo ADInstruments Octal bio Amp 16/35, conformado por un sistema de adquisición de datos *hardware* y *software* que dispone de 7 canales bipolares, una cinta de transmisión de datos y un casco con la disposición internacional 10/20 (ver imagen 5 y 6) para la toma de señales con sus respectivos electrodos; también se tuvo en cuenta gel conductor para mejorar las señales eléctricas emitidas por el cerebro, una jeringa desechable para su aplicación y un computador portátil con el *software* PowerLab para la toma y registro de las señales EEG (Sánchez & Hernández, 2017); posteriormente se dispuso el ajuste del casco a un individuo de sexo masculino de 40 años de edad para hacer las pruebas iniciales y el registro de señales.

Procesamiento

Este es un procedimiento no invasivo, el cual usa interfaces humano-computador para recoger las señales emitidas por el cerebro, estas son recibidas por electrodos de registro de alta resolución mientras se estimula a la persona mediante objetos; las señales que recibe el *software* PowerLab (R) son almacenadas en tiempo real, permitiendo ver expresiones faciales y movimientos de la persona frente a lo que percibe.

Procesamiento de la señal aspectos previos

Condiciones físicas del entorno

Es muy importante el espacio físico donde se desarrollan este tipo de señales. Para este estudio se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

- En un lugar privado, sin ruido, sin interrupciones ni visibilidad del exterior.
- Mesa y silla adecuadas.
- Temperatura agradable.
- En la sala de evaluación el mínimo de personas.

Sistemas de Posicionamiento 10/20

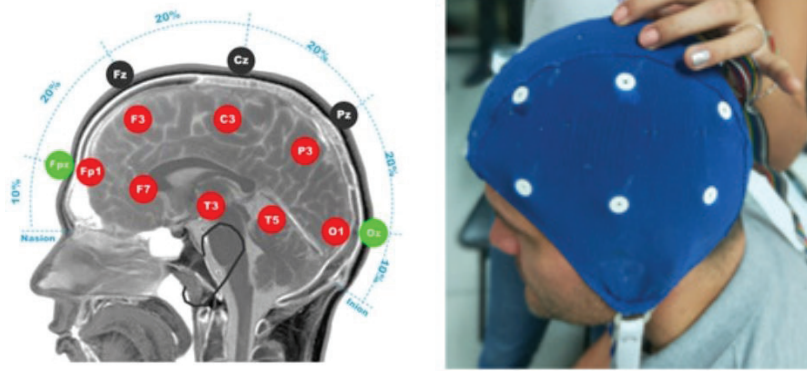
El sistema 10/20 es un método reconocido internacionalmente para describir la ubicación de los electrodos y su ubicación en el cuero cabelludo (Cordova Villar et al., 2013) (ver Figuras 1 y 2). El sistema se basa en la relación entre la ubicación de un electrodo y el área subyacente de la corteza cerebral. Los números "10" y "20" se refieren al hecho de que las distancias entre los electrodos adyacentes representan el 10 % o el 20 % de la distancia total frontal-posterior o derecha-izquierda del cráneo. Cada sitio tiene una letra para identificar el lóbulo y un número para identificar la ubicación del hemisferio, como se describe a continuación en la Tabla 1.

Tabla 1. Ubicación de electrodo y lóbulo según protocolo 10/20

| Electrodo | Lóbulo |
|-----------|-----------|
| F | Frontal |
| T | Temporal |
| C | Central |
| P | Parietal |
| O | Occipital |

Fuente: Cordova Villar et al., (2013).

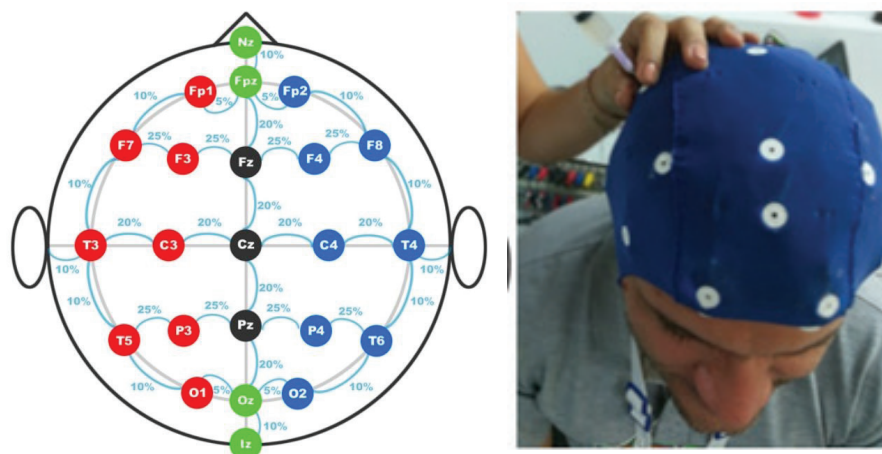
Figura 1. Ubicación de los electrodos, según protocolo



Fuente: Cordova Villar et al., (2013).

Nota: no existe un lóbulo central, la letra "C" se utiliza solo con fines de identificación. La "z" (cero) se refiere a un electrodo colocado en la línea media. Los números pares (2,4,6,8) se refieren a las posiciones de los electrodos en el hemisferio derecho. Los números impares (1,3,5,7) se refieren a las posiciones de los electrodos en el hemisferio izquierdo.

Figura 2. Protocolo 10/20 distancias del electrodo del sistema



Fuente: Cordova Villar et al., (2013).

Protocolo experimental

Se da inicio a la prueba y, previamente, se le pide al participante cerrar los ojos para evitar señales de ruido e interferencias externas en la señal. Una vez superado este proceso, y luego de esperar que dichas señales se estabilizaran, se le solicitó al participante que procediera a abrir sus ojos; luego, con los ojos abiertos, se procedió con el siguiente paso, que fue la aplicación de algunos estímulos visuales relacionados con el afecto de la persona que participó en esta primera prueba.

Seguidamente, y bajo la influencia de un ambiente agradable y de camaradería entre el participante y el técnico, se procedió a enseñarle fotografías de familiares cercanos con los que no había tenido contacto o encuentro personal por asuntos de distancia, debido a lo cual se logra evidenciar aumento de intensidad en algunos canales que a continuación serán descritos en la Tabla 2 y los resultados en la Tabla 3.

Luego de la realización de los pasos anteriormente descritos, y después de varios intentos con los estímulos de las imágenes, se detuvo la prueba que, según el técnico, estaba generando mucho ruido en el equipo, lo que estaba afectando la toma de señales, por lo cual se propuso dos estrategias para analizar dichos resultados, cuyo análisis se generó a partir de los cambios que se definen mediante los valores máximos y mínimos de cada una de las señales fisiológicas de los sujetos que participan en el estudio.

Tabla 2. Descripción de canales - Ubicación cerebral

| Canal | Área | Descripción |
|-------|-------------|--|
| Ch 1 | FP 4 Vs FP2 | Prefrontal 4 y Prefrontal 2 - hemisferio derecho |
| Ch 2 | T3 Vs P3: | Temporal 3 y Parietal 3 hemisferio izquierdo |
| Ch 3 | T4 Vs P4 | Temporal 4 y parietal 4 hemisferio derecho |
| Ch 4 | O1 Vs O2 | Occipital 1 y Occipital 2 hemisferio derecho |
| Ch 5 | Cz Vs Fz | Central - frontal cero o línea media |
| Ch 6 | C3 Vs C4 | Central ambos hemisferios |
| Ch 7 | F3 Vs F4 | Frontal ambos hemisferios |

Fuente: elaboración propia.

Tabla 3. Valores de medición por canales

| Channel- Title= | Channel 1 | Channel 2 | Channel 3 | Channel 4 | Channel 5 | Channel 6 | Channel 7 |
|--------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 113,905 | -0,08 | -0,3 | -0,15 | 0 | 0,02 | -0,02 | 0,04 |
| 113,906 | -0,08 | -0,3 | -0,15 | 0 | 0,02 | -0,02 | 0,05 |
| 113,907 | -0,08 | -0,3 | -0,15 | 0 | 0,02 | -0,02 | 0,05 |
| 113,908 | -0,09 | -0,3 | -0,15 | 0 | 0,02 | -0,02 | 0,06 |
| 113,909 | -0,09 | -0,3 | -0,15 | 0 | 0,02 | -0,02 | 0,06 |
| 113,937 | -0,09 | -0,02 | -0,12 | 0,04 | -0,02 | -0,08 | 0,07 |
| 113,938 | -0,09 | -0,01 | -0,12 | 0,04 | -0,02 | -0,08 | 0,07 |
| 113,939 | -0,09 | 0 | -0,12 | 0,04 | -0,02 | -0,08 | 0,07 |
| 113,94 | -0,09 | 0,01 | -0,12 | 0,04 | -0,02 | -0,08 | 0,08 |
| 113,941 | -0,09 | 0,02 | -0,11 | 0,04 | -0,02 | -0,08 | 0,08 |
| 113,942 | -0,08 | 0,02 | -0,11 | 0,04 | -0,02 | -0,08 | 0,08 |
| 113,943 | -0,08 | 0,03 | -0,11 | 0,04 | -0,02 | -0,09 | 0,08 |
| 113,944 | -0,08 | 0,03 | -0,11 | 0,04 | -0,02 | -0,09 | 0,09 |
| 113,945 | -0,08 | 0,04 | -0,11 | 0,04 | -0,02 | -0,09 | 0,09 |
| 113,946 | -0,08 | 0,04 | -0,11 | 0,04 | -0,02 | -0,09 | 0,1 |
| 113,947 | -0,08 | 0,04 | -0,11 | 0,04 | -0,02 | -0,09 | 0,1 |

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con los valores observados en la Tabla 3, se aprecia aumento leve en los canales 1, que corresponden a las áreas prefrontal del hemisferio derecho, moderado en canal 3, que corresponde a las áreas temporal y parietal del mismo hemisferio y leve en canales 6 y 7, que corresponden al área central y las áreas frontales en ambos hemisferios. Cabe anotar que a pesar de que el polígrafo empleado en este estudio para la toma de las señales EEG presentó ruidos, lo que pudo dificultar de alguna manera la nitidez de la señal y confundir un poco su interpretación (Cacioppo & Petty, 1989), se observaron algunos movimientos en las señales anteriormente descritas en el canal 3, que corresponden a las funciones del hemisferio derecho que fisiológicamente se encarga de posibilitar la ejecución de funciones automáticas, el razonamiento espacial, además de dirigir la orientación tridimensional y la resolución de problemas donde intervienen el razonamiento espacial (Ríos Valles et al., 2014b), mientras que el hemisferio izquierdo del cerebro corresponde al lugar donde se gesta la coordinación y el control de la conducta verbal como por ejemplo: los procesos de lectura, escritura, habla y la comprensión del material que cumple con los procesos verbales, que de acuerdo con el estímulo proyectado, no hizo parte o no fueron tomados en cuenta para esta primera fase de estudio.

En el caso de la intensidad de las señales de los canales 6 y 7, que corresponden a las áreas central y frontal de ambos hemisferios, se apreciaron movimientos leves que coinciden con los aumentos de la intensidad de la señal del canal 1, que mide las áreas prefrontales del hemisferio derecho, aspecto que, de acuerdo con Tirapu-Ustárrroz y Muñoz-Céspedes (2005), es el área que más se encuentra relacionada con la construcción y diseños de objetos y figuras, al mismo tiempo que interviene la memoria de trabajo para el material visual, la conducta, la memoria episódica y la cognición social. Cabe recordar que unos de los estímulos presentados al sujeto participante de esta primera prueba fue el generar condiciones amigables y de tranquilidad, además de la presentación de imágenes que evocaran recuerdos positivos relacionados con asuntos de la emoción; sin embargo, hay que resaltar que el equipo con el que se realizó esta primera fase le fueron detectados altos niveles de ruido (Mampusti et al., 2011) que pudieron ser generados por movimientos fáciles, pestañas y ojos, condición que hace necesario un mejor filtro para el procesamiento de estas señales, razón por la cual no se identificaron las mismas en este proceso de manera correcta, como también la dificultad de no poder discriminar de manera acertada la señal, por la forma de la onda EEG. Para

ello es necesario contar con un equipo que entregue la señal de manera limpia (Garcés & Bruña, 2015).

Por otro lado, otras de las condiciones necesarias para que la aplicación de las señales EEG den cuenta de la nitidez de la misma, es que las personas que participen en este proceso preferiblemente no cuenten con cabello, porque el mismo también puede generar ruido en la señal que se toma (Picard, 2000), aspecto que, para este caso y aunque se contempló, el participante presentaba, al momento de la prueba, poco cabello.

Aún con algunas de las dificultades enunciadas anteriormente, y aunque la fiabilidad de los resultados esperados no es del 100 %, sí fue posible observar algunos indicios o intuiciones que nos dan luces para afirmar que el ambiente agradable y las emociones positivas podrían intervenir de manera positiva en los procesos de enseñanza - aprendizaje, y que, de acuerdo con Benavidez y Flores (2019):

... el objetivo de la neuroeducación es fomentar el desarrollo de la memoria por parte de los estudiantes, así como proponer estrategias didácticas que ayuden a los docentes en el proceso de enseñanza, estrategias que tomen en cuenta la importancia de las emociones como mediadoras del aprendizaje, en función de los impulsos positivos o negativos que fortalezcan o inhiban el mismo (p. 29).

RESULTADOS

Se logró comprender las ondas eléctricas que se emiten por el cerebro, además que estas se pueden observar mediante la implementación de diferentes equipos que se denominan ICC, cuyas siglas hacen referencia a una interfaz cerebro computador, y con ellos se logra recoger, procesar y analizarlas. Estos métodos computacionales permiten identificar los rasgos distintivos de las emociones, los cuales constituyen actualmente un amplio campo de estudio; mediante el uso de herramientas EEG poder observar las emociones y reacciones de los alumnos durante el proceso de aprendizaje es un nuevo reto para los investigadores en neuroaprendizaje mediado por las TIC.

Para lograr un efecto positivo de los estudiantes en su proceso de aprendizaje, es importante generar actividades que incentiven la zona parietal y frontal del

cerebro, esta zona genera las ondas Beta, las cuales, una vez estimuladas, activan las ondas Gamma que permiten la cognición (Manchala, 2015). Por tal motivo, se deben orientar estrategias pedagógicas que ayuden a concentrarse y a reflexionar.

A partir de los planteamientos anteriores, se considera relevante y pertinente estudiar en primera instancia si un dispositivo EEG de bajo costo permite identificar los diferentes estados emocionales de los individuos que intervienen en los estudios, aún más relevante cuando se está estudiando el comportamiento de las ondas con la estimulación externa, donde se pueda evidenciar en tiempo real los cambios emocionales y físicos que muestren un cambio en la intensidad eléctrica de las ondas que se están adquiriendo; la desventaja en los procesos investigativos sin los elementos apropiados provocan posibles alteraciones en los análisis de resultados. En esta oportunidad los equipos utilizados permitieron obtener algunos datos que podrían catalogarse científicos, a pesar de las altas interferencias causadas por agentes externos en las pruebas que, a pesar de los filtros usados, se evidenció demasiado ruido al procesar las señales recogidas. Es recomendable para futuras investigaciones buscar equipos más apropiados en la adquisición de datos.

DISCUSIÓN

Se ha reconocido, como lo expresa Morgado, citado por Ríos Valles et al., (2014a), que la experiencia sensorial que se presenta ante las condiciones del contexto que rodean al individuo, lleva a generar cambios de conducta, esto de acuerdo con la necesidad de entrar en un silencio, concentración con ojos cerrados en el protocolo del experimento realizado para lograr una estabilización de las ondas cerebrales y del momento en que se tiene que suspender la prueba, dado que el ruido generado por otros elementos ocasionaba una alteración de las ondas, afectando el interés real del estudio. Asimismo permite comprender que «la captación del mensaje o de los estímulos, pueden ser de gran impacto en procesos mentales básicos: sensación, atención, concentración y la memoria. Y en complejos: pensamiento, lenguaje e inteligencia» (Lucic Oliva, 2009, p. 7).

Lo anterior lleva a considerar que los procesos de aprendizaje se pueden ver afectados por factores motivacionales que se encuentran en los ambientes de los estudiantes, teniendo en cuenta que el ambiente está «conformado por las

circunstancias físicas, sociales, culturales, psicológicas, pedagógicas que rodean a una persona, por lo cual tiene la característica de ser peculiar en relación con las características de estos elementos» (Martínez de la Cruz et al., 2015, p. 4). Es así que el estudio da cuenta del aumento de intensidad en canales de la corteza prefrontal derecha, lóbulos parietal y temporal del hemisferio derecho cuando el participante recibe estímulos afectivos; según Ríos Valles et al., (2014b) estas zonas se relacionan con procesos de atención, memoria de trabajo para material audiovisual, memoria episódica, cognición social, control de movimientos oculares a través de los campos visuales.

La prueba realizada lleva a comprender la necesidad de realizar nuevos estudios donde se presenten diferentes factores motivacionales incluyendo aspectos emocionales a estudiantes mediante el uso de ambientes virtuales de aprendizaje con el ánimo de identificar posibles causas de deserción dentro de dichos factores, considerando que se ha registrado cómo los aspectos emocionales juegan un papel importante en dicho proceso, las emociones mantienen la curiosidad, y las emociones positivas facilitan la memoria y el aprendizaje (Ortega & Ruetti, 2014). «Las emociones activan el hipocampo, que está relacionado con la memoria y el aprendizaje, anclando mejor los conocimientos obtenidos, ya que produce recuerdos de tipo emocional con la mediación de la amígdala» (LeDoux, citado por Gago Galvagno & Elgier, 2018, p. 482).

Este tipo de estudios también permite reconocer que «los aportes de las neurociencias, en cuanto a las investigaciones sobre el cerebro, han dado una mayor comprensión de cómo funciona y ello repercute en el mejoramiento de la habilidad del docente para enseñar, [y de la] habilidad del estudiante para aprender» (Pecero Moguel, 2018, p. 14), teniendo en cuenta que «el sujeto del aprendizaje, interactúa con un medio y en esa interacción adquiere conocimientos» (Contreras Oré, 2016, p. 131), lo cual genera nuevos temas de investigación.

Se considera pertinente tener en cuenta la relación entre las funciones del cerebro con los procesos de enseñanza - aprendizaje en la creación de los procesos curriculares desde factores motivacionales y afectivos para los estudiantes, tal vez de este modo se podrían diseñar estrategias pedagógicas que posibiliten el aprendizaje con una mirada más holística y que saquen del analfabetismo emocional, que expresa Bisquerra, citado por Pecero Moguel (2018), que tanto ha afectado al sistema educativo.

Análisis estadístico

De acuerdo con los estadísticos presentados (ver Tabla 4) se puede inferir que los valores de las medias para cada uno de los canales se comportan de manera similar, aunque hay una diferenciación alta entre los canales 3, 4 y 5. Dada que la desviación estándar presenta valores muy bajos, indica que los datos relacionados se encuentran poco dispersos; asimismo el error típico presenta valores muy cercanos a ceros lo que demuestra que las variaciones producidas en los datos por factores distorsionantes son mínimos con un nivel de confianza del 95 %.

Tabla 4. Canales y medidas estadísticas

| | Channel Title= | Channel 1 | Channel 2 | Channel 3 | Channel 4 | Channel 5 | Channel 6 | Channel 7 |
|--|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Media | 113,931 063 | -0,084 375 | -0,081 25 | -0,125 | 0,0275 | -0,0075 | -0,064 375 | 0,073 125 |
| Error típico | 0,0042 4801 | 0,00128 087 | 0,03831 748 | 0,0044 7214 | 0,0047 8714 | 0,0047 8714 | 0,0077 979 | 0,0044 4585 |
| Mediana | 113,9395 | -0,08 | 0,005 | -0,12 | 0,04 | -0,02 | -0,08 | 0,075 |
| Moda | #N/A | -0,08 | -0,3 | -0,11 | 0,04 | -0,02 | -0,08 | 0,08 |
| Desviación estándar | 0,0169 9203 | 0,0051 2348 | 0,1532 6991 | 0,0178 8854 | 0,0191 4854 | 0,0191 4854 | 0,0311 9161 | 0,0177 8342 |
| Varianza de la muestra | 0,00028 873 | 0,0000 2625 | 0,0234 9167 | 0,000 32 | 0,0003 6667 | 0,0003 6667 | 0,0009 7292 | 0,0003 1625 |
| Curtosis | -1,3790 2783 | -2,2187 3365 | -1,4038 8662 | -1,4611 9505 | -1,3906 0939 | -1,3906 0939 | -1,4035 2741 | -0,6703 5903 |
| Coefficiente de asimetría | -0,8134 6513 | -0,2788 2859 | -0,8521 9544 | -0,7187 3614 | -0,8952 5652 | 0,8952 5652 | 0,8282 2228 | -0,2162 2867 |
| Rango | 0,042 | 0,01 | 0,34 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,07 | 0,06 |
| Mínimo | 113,905 | -0,09 | -0,3 | -0,15 | 0 | -0,02 | -0,09 | 0,04 |
| Máximo | 113,947 | -0,08 | 0,04 | -0,11 | 0,04 | 0,02 | -0,02 | 0,1 |
| Suma | 1822,897 | -1,35 | -1,3 | -2 | 0,44 | -0,12 | -1,03 | 1,17 |
| Cuenta | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 |
| Mayor (1) | 113,947 | -0,08 | 0,04 | -0,11 | 0,04 | 0,02 | -0,02 | 0,1 |
| Menor (1) | 113,905 | -0,09 | -0,3 | -0,15 | 0 | -0,02 | -0,09 | 0,04 |
| Nivel de confianza (95,0 %) | 0,0090 5441 | 0,0027 3011 | 0,0816 7177 | 0,0095 3213 | 0,0102 0354 | 0,0102 0354 | 0,0166 2084 | 0,0094 7612 |

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIÓN

La medición realizada en la prueba experimental permite reconocer que las imágenes positivas influyen en los cambios que se generan al interior de zonas cerebrales, coincidiendo con investigaciones de Falconi Tapia et al., (2017), Bravo Valdivieso (2015) y Pecero Moguel (2018), los cuales han identificado que los aspectos emocionales deben ser parte del sistema educativo al momento de elaborar los programas educativos, lo cual suele pasarse por alto, llevando a prácticas inadecuadas u obsoletas al interior del sistema educativo.

Actualmente se han desarrollado plataformas educativas que buscan mejorar los niveles de aprendizaje de los estudiantes, las cuales involucran ejercicios de caracterización, acompañamiento y diálogo permanente como lo son las plataformas Smile (Aarón, 2019), Edmodo (Baez Gil, 2018), EDUMAT (Muñoz Sanabria & Vargas Ordoñez, 2019), entre otras; cada una de ellas en sus diseños buscaron tomar las características de sus usuarios mediante instrumentos que proporcionaran valores positivos o negativos en cada una de las estrategias; el reto para futuras investigaciones está en incorporar este tipo de mediciones para el diseño de plataforma educativas personalizadas y adaptativas que soporte los diferentes tipos de aprendizaje y mantenga la motivación permanente en el proceso formativo.

En este aspecto investigativo de las emociones vinculadas al proceso de aprendizaje, según la neurociencia educativa o neuroaprendizaje, se puede vincular con estrategias pedagógicas y didácticas activas de aprendizaje, enfatizando en la importancia de la motivación, la emoción y el despertar la curiosidad en los estudiantes (Soto Parra, 2016), donde se entrene a los docentes a enseñar pensando en el cerebro. Donde afirma que solo conociendo los mecanismos de atención o de la memoria se pueden mejorar los procedimientos didácticos (Sousa, 2014), que además se pueden medir con dispositivos mucho más efectivos, adicionando más estímulos visuales, auditivos y sensitivos, de acuerdo con los parámetros de medición disponibles en el campo de la investigación; de igual forma, se recomienda el conjunto de canales de detección emocionales de Emotiv EPOC, que coincide con mayor precisión con las emociones predominantes en el aprendizaje, por lo tanto, es más apropiado para la investigación académica en un futuro (Royo González, 2016).

Otro de los aspectos importantes a considerar, y de acuerdo con los planteamientos de González (s.f.), es la importancia que tiene la afectividad en la relación enseñanza-aprendizaje, y las relaciones cordiales interpersonales que se generan allí, construyen vínculos positivos. Desde este punto de vista, el afecto se podría definir como el conjunto de sentimientos representados de muchas formas, como la acción o la evocación de momentos y vivencias significativas en los estudiantes. Con base en ello, se podrá tal vez inferir que, si la vida emocional es el soporte para la felicidad humana, las relaciones y ambientes atravesados por la amabilidad, camaradería y afecto, podrían verse reflejados como aspecto clave en la relación enseñanza - aprendizaje. El afecto, pues, se convertiría en la antesala de la inteligencia interpersonal, definida como la capacidad para establecer relaciones armoniosas y empáticas con los demás y, en este caso, de gran utilidad en los procesos de aprendizaje.

AGRADECIMIENTOS

A Juan Pablo Murillo y Alexandra Patricia Bedoya, ingenieros biomédicos, quienes colocaron su experticia y conocimiento en el área Biomédica, facilitaron el préstamo de laboratorio, sus equipos y su valioso aporte en el procesamiento de datos en esta primera toma de señales en el presente estudio. Igualmente, a Carolina Betancourt, por su constante apoyo y motivación.

REFERENCIAS

- Aarón, M. A. (2019). Uso de la Plataforma Smile para la Elaboración de Conceptos en Estudiantes en Repitencia en un Programa de Ingeniería. *Información Tecnológica*, v. 30, n. 2, 265-273. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000200265>
- Alemán Marichal, B.; Navarro de Armas, O. L.; Suárez Díaz, R. M.; Izquierdo Barceló, Y.; Encinas Alemán, T. C. (2018). La motivación en el contexto del proceso enseñanza-aprendizaje en carreras de las Ciencias Médicas. *Revista Médica Electrónica*, v. 40, n. 4, 1257-1270. <http://www.revmedicaelectronica.sld.cu/index.php/rme/article/view/2307>

- Ambrose, S. A.; Bridges, M. W.; DiPietro, M.; Lovett, M. C.; Norman, M. K. (2017). *Cómo funciona el aprendizaje: 7 principios basados en la investigación para una enseñanza inteligente*. Editorial Universidad del Norte.
- Baez Gil, L. A. (2018). *Uso de la plataforma Edmodo en el proceso de aprendizaje del inglés como segunda lengua* (Tesis de maestría). <http://hdl.handle.net/10654/17535>
- Benavidez, V.; Flores, R. (2019). La importancia de las emociones para la neurodidáctica. *Wimb Lu*, v. 14, n. 1, 25-53. <https://doi.org/10.15517/WL.V14I1.35935>
- Bravo Valdivieso, L. (2015). Psicología cognitiva y neurociencias de la educación en el aprendizaje del lenguaje escrito y de las matemáticas. *Revista de Investigación en Psicología*, v. 17, n. 2, 25-37. <https://doi.org/10.15381/rinvp.v17i2.11256>
- Cacioppo, J. T.; Petty, R. E. (1989). The Elaboration Likelihood Model: The role of affect and affect-laden information processing in persuasion. En P. Cafferata; A. M. Tybout (editores), *Cognitive and Affective Responses to Advertising* (pp. 69-89). Lexington Books.
- Castillo Torres, M. (2013). Lineamientos de calidad para la verificación de las condiciones de calidad de los programas virtuales y a distancia. https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-338171_archivo_pdf.pdf
- Chai, M. T.; Malik, A. S.; Saad, M. N. M.; Rahman, M. A. (2019). *Application of Digital Technologies, Multimedia, and Brain-Based Strategies: Nurturing Adult Education and Lifelong Learning*. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-5712-8.ch009>
- Contreras Oré, F. A. (2016). El aprendizaje significativo y su relación con otras estrategias. *Horizonte De La Ciencia*, v. 6, n. 10, 130-140. <http://revistas.uncp.edu.pe/index.php/horizontedelaciencia/article/view/364>
- Cordova Villar, S.; Perez Oviedo, W. A.; Román Gonzalez, A. (2013). Implementación de métodos de procesamiento de señales EEG para aplicaciones de comunicación y control. *Revista ECIPerú*, v. 10, n. 1, 25-34. <https://doi.org/10.33017/RevECIPeru2013.0004/>
- Dejèrine J. (1892). Contribution à l'étude anatomo-pathologique et clinique des différentes variétés de cécité verbale. *Mémoires de la Société de Biologie*, v. 4, 61-90.

- Estévez Gualda, J.; García-Marín, A. P.; Agrela Sainz, F.; Gómez Madueño, J. (2019). Gamificación y aprendizaje cooperativo para la mejora de competencias en Ingeniería de Proyectos. *Revista de Innovación y Buenas Prácticas Docentes*, v. 8, n. 4, 33-40. <https://doi.org/10.21071/ripadoc.v8i4.12322>
- Falconi Tapia, A. A.; Alajo Anchatuña, A. L.; Cueva, M. C., Mendoza Poma, R. M.; Ramírez Jiménez, S. F.; Palma Corrales, E. N. (2017). Las neurociencias: una visión de su aplicación en la educación. *Revista Órbita Pedagógica*, v. 4, n. 1, 61-73. <http://revista.isced-hbo.ed.ao/rop/index.php/ROP/article/view/89>
- Flórez Ochoa, R. (1994). *Hacia una pedagogía del conocimiento*. McGraw-Hill.
- Gago Galvagno, L. G.; Elgier, Á. M. (2018). Trazando puentes entre las neurociencias y la educación. Aportes, límites y caminos futuros en el campo educativo. *Psicogente*, v. 21, n. 40, 476-494. <https://doi.org/10.17081/psico.21.40.3087>
- Galaburda, A. M.; Kemper, T. L. (1979). Cytoarchitectonic abnormalities in developmental dyslexia: A case study. *Annals of Neurology*, v. 6, n. 2, 94-100. <https://doi.org/10.1002/ana.410060203>
- Garcés, P.; Bruña, R. (2015). Reconstrucción de fuentes con MEG/EEG y cálculo de su conectividad. En F. Maestú Unturbe; E. Pereda de Pablo; F. del Pozo Guerrero, *Conectividad funcional y anatómica en el cerebro humano: análisis de señales y aplicaciones en ciencias de la salud* (pp. 61-68). Elsevier.
- González, E. (s.f.). *Educación en la afectividad*. <http://www.surgam.org/articulos/504/12%20EDUCAR%20EN%20LA%20AFECTIVIDAD.pdf>
- Gracia-Bafalluy, M.; Escolano-Pérez, E. (2014). Aportaciones de la neurociencia al aprendizaje de las habilidades numéricas. *Revista de Neurología*, v. 58, n. 2, 69-76. <https://doi.org/10.33588/rn.5802.2013262>
- Guzmán Ruiz, C.; Durán Muriel, D.; Franco Gallego, J. (2009). *Deserción estudiantil en la educación superior colombiana. Metodología de seguimiento, diagnóstico y elementos para su prevención*. Ministerio de Educación Nacional de Colombia. https://www.mineducacion.gov.co/sistemasdeinformacion/1735/articles-254702_libro_desercion.pdf
- Hernández Sampieri, R.; Fernández Collado, C.; Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.a ed.). McGraw-Hill.

- Kawasaki, M.; Yamaguchi, Y. (2012). Effects of subjective preference of colors on attention-related occipital theta oscillations. *NeuroImage*, v. 59, n. 1, 808-814. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2011.07.042>
- Lancheros-Cuesta, D. J.; Ramírez Arias, J. L.; Forero, Y. Y.; Duran, A. C. (2018). *Evaluación de actividades e-learning con NeuroSky MindWave EEG*. <https://doi.org/10.23919/CISTI.2018.8399316>
- Lucic Oliva, Y. D. (2009). *El ruido como problema en el aprendizaje; personalización masiva, modelamiento paramétrico y diseño generativo enfocados al desarrollo de paneles acústicos para salas de clase* (Tesis de pregrado). <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/100197>
- Manchala, V. K. (2015). *Human Computer Interface Usign Electroencephalography* (Tesis de maestría). <https://core.ac.uk/download/pdf/79581124.pdf>
- Mampusti, E. T.; Ng, J. S.; Quinto, J. J. I.; Teng, G. L.; Suarez, M. T. C.; Trogo, R. S. (2011). Measuring Academic Affective States of Students via Brainwave Signals. En *Third International Conference on Knowledge and Systems Engineering*. <https://doi.org/10.1109/KSE.2011.43>
- Martínez de la Cruz, N. L.; Ruíz Aguirre, E. I.; Galindo González, R. M. (2015). Ambientes virtuales de aprendizaje y sus entornos con diseños abiertos y restringidos para la construcción del conocimiento; diferencias y similitudes. En *VI Congreso Virtual Iberoamericano de Calidad en Educación Virtual y a Distancia*. http://www.eduqa.net/eduqa2015/images/ponencias/eje1/1_aa_Martinez_Nadia_Ruiz_Edith_Galindo_Rosa_Ambientes_virtuales_de_aprendizaje_y_sus_entornos_con_disenos_abiertos_y_restringidos_para_la_construccion_del_conocimiento_diferencias_y_similitudes.pdf
- Muñoz Sanabria, L. F.; Vargas Ordoñez, L. M. (2019). EDUMAT: herramienta web gamificada para la enseñanza de operaciones elementales. *Campus Virtuales*, v. 8, n. 2, 9-17. <http://uajournals.com/ojs/index.php/campusvirtuales/article/view/489/343>
- Ortega, I. S.; Ruetti, E. (2014). La memoria del niño en la etapa preescolar. *Anuario de Investigaciones*, v. XXI, 267-276. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=369139994074>
- Pecero Moguel, K. B. (2018). *Analítica de procesos de aprendizaje mediante el uso de sensores EEG* (Tesis de maestría). <http://ri.ujat.mx/handle/20.500.12107/3087>

- Perilla Granados, J. S. A. (2018). Ambientes Virtuales de Aprendizaje (AVA) y Objetos Virtuales de Aprendizaje (OVA) como estrategias pedagógicas para las nuevas generaciones. En J. S. A. Perilla Granados (compilador), *Las nuevas generaciones como un reto para la educación actual* (pp. 43-62). Universidad Sergio Arboleda. <https://repository.usergioarboleda.edu.co/bitstream/handle/11232/1222/Nuevas%20generaciones.pdf?sequence=5>
- Picard, R. W. (2000). Toward computers that recognize and respond to user emotion. *IBM Systems Journal*, v. 39, n. 3-4, 705-719.
- Ríos Valles, J. A.; Barragán Ledesma, L. E.; Flores Saucedo, M. P.; Vázquez Soto, M. A.; Hernández Reyes, M. (2014a). Actividad cerebral en estudiantes de medicina del 10° ciclo. *Revista Iberoamericana de las Ciencias de la Salud*, v. 3, n. 6, 1-16. <https://www.rics.org.mx/index.php/RICS/article/view/15>
- Ríos Valles, J. A.; Barragán Ledesma, L. E.; González de los Ríos, M. (2014b). El uso de la tecnología en la identificación de las características electrofisiológicas del órgano encargado de los procesos de aprendizaje. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, n. 12, 1-18. <http://1-11.ride.org.mx/index.php/RIDESECUNDARIO/article/view/846>
- Rojas Moreno, I.; Navarrete Cazales, Z. (2019). *Modalidades no presenciales de educación superior en México: composición, tendencias y desafíos*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Royo González, M. (2016). *Incorporación de nuevos escenarios de uso en el proceso de diseño (SIPD): propuesta metodológica y valoración de la percepción de los usuarios* (Tesis de doctorado). <https://doi.org/10.6035/14107.2016.6832>
- Sáez de la Pascua, A. (2019). *Deep learning para el reconocimiento facial de emociones básicas* (Tesis de pregrado). <http://hdl.handle.net/2117/129220>
- Sánchez, F.; Hernández, A. M. (2017). Modelado autorregresivo de señales electroencefalográficas para simuladores médicos. *Ingeniería y Desarrollo*, v. 35, n. 2, 337-356. <https://doi.org/10.14482/inde.35.2.10164>
- Soto Parra, C. A. (2016). *Relación entre las prácticas pedagógicas y las neurociencias: aportes al currículo de educación inicial* (Tesis de maestría). <http://repositorio.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/1052/TO-19497.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Soto Urrea, W. H. (2018). Neuroeducación, cibernética y TIC: Conceptos para la renovación de la reflexión pedagógica. *Revista Tecné, Episteme y Didaxis*, 1-7. <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/view/8964/6729>

Sousa, D. A. (2014). *Neurociencia educativa: mente, cerebro y educación*. Narcea.

Tirapu-Ustárrroz, J.; Muñoz-Céspedes, J. M. (2005). Memoria y funciones ejecutivas. *Revista de Neurología*, v. 41, n. 8, 475-484. https://www.uma.es/media/files/Memoria_y_funciones_ejecutivas.pdf

Tonguç, G.; Ozaydın Ozkara, B. (2020). Automatic recognition of student emotions from facial expressions during a lecture. *Computers & Education*, v. 148, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103797>

Velásquez Burgos, B. M., Remolina de Cleves, N.; Calle Márquez, M. G. (2009). El cerebro que aprende. *Tabula Rasa*, n. 11, 329-347. <http://www.scielo.org.co/pdf/tara/n11/n11a14.pdf>

Vera, P. M.; Rodríguez, R. A.; Moreno, E. (2018). Gamificando la práctica de programación en el ámbito universitario. *Campus Virtuales*, v. 7, n. 2, 55-68. <http://www.uajournals.com/ojs/index.php/campusvirtuales/article/view/371/270>