

ANÁLISIS DE SEÑALES BIOELÉCTRICAS COMO RESPUESTA A ESTÍMULOS ASOCIADOS A LA MEDIACIÓN PEDAGÓGICA: ESTUDIO PILOTO

ANALYSIS OF BIOELECTRIC SIGNALS AS RESPONSE TO STIMULI ASSOCIATED TO THE PEDAGOGICAL MEDIATION: A PILOT STUDY

Carlos Andrés Cárdenas Valencia¹

Juan Carlos Castañeda Patiño²

Universidad del Quindío,
Armenia, Colombia

¹ Universidad del Quindío, Armenia, Colombia
Doctor en Educación. Magister en Educación. Licenciado
en Pedagogía Reeducativa. Docente del Programa de Ar-
tes Visuales de la Universidad del Quindío. jccastaneda@uniquindio.edu.co. <http://orcid.org/0000-0002-7920-4588>

² Candidato a Doctor en Proyectos. Magister en
Ciencias de los Materiales. Licenciado en Electricidad y
Electrónica. Docente del Programa de Tecnología en Instru-
mentación Electrónica de la Universidad del Quindío. carlosac@uniquindio.edu.co. <http://orcid.org/0000-0002-0882-1810>

RESUMEN

En este documento se presenta un análisis de la respuesta bioeléctrica que exhiben los estudiantes, de cursos de circuitos y física mecánica de la Universidad del Quindío, cuando están en clase y son sometidos

a diferentes estímulos generados por la mediación pedagógica. Para ello se implementó un dispositivo que permitió medir la respuesta galvánica de la piel (GSR) y el pulso cardiaco, utilizando una tarjeta Arduino. Estas respuestas fueron medidas en diferentes clases, en las cuales el docente exponía los conceptos, presentaba imágenes, y realizaba diferentes preguntas a los estudiantes. Los datos obtenidos se graficaron en el software MATLAB®. El análisis realizado a las gráficas obtenidas permitió evidenciar que las exposiciones magistrales, la presentación de gráficas y las preguntas grupales dentro de las clases no generan cambios en la respuesta galvánica de la piel (GSR) ni en el pulso cardiaco de los estudiantes, mientras que las preguntas

individuales exhibieron cambios sustanciales en la respuesta de las señales bioeléctricas medidas.

PALABRAS CLAVE: mediación pedagógica; estímulo; respuesta galvánica; interdisciplinariedad; cognición.

ABSTRACT

This paper presents an analysis of the bioelectric response exhibited by students from a circuit course at the University of Quindío, when they are in class and are subjected to different stimuli generated by pedagogical mediation. For this, a device was implemented to measure the galvanic response of the skin and the cardiac pulse, using an Arduino card. These responses were measured in different classes, in which the teacher presented the concepts, presented images, and asked the students different questions. The data obtained was graphed in MATLAB® software. The analysis performed on the graphs obtained showed that the lectures, the presentation of graphs and the group questions within the classes did not generate changes in the galvanic response or in the cardiac pulse of the students, while the individual questions exhibited substantial changes in the response of

the measured bioelectric signals.

KEYWORDS: pedagogical mediation; stimulus; galvanic response; interdisciplinarity; cognition.

INTRODUCCIÓN

La formación en las instituciones de educación superior obedece a las transformaciones en la humanidad, y los continuos avances tanto tecnológicos como científicos requieren que dicha formación sea interdisciplinaria (Darós, 1993) al especializarse, se han sectorizado en diferentes y crecientes disciplinas en el transcurso de la historia cultural de Occidente. Ahora bien, en las últimas décadas los encargados de la educación han creído ver en esa fractura del saber disciplinario tanto una causa como un peligro para la elaboración de la identidad de la persona. Por otra parte, la fragmentación y acumulación en sí de los conocimientos no parece generar personas inteligentes, esto es, capaces de solucionar problemas en situaciones reales y nuevas, que requieren conocimientos y técnicas procedentes de diversas ciencias o disciplinas. De aquí que se haya puesto, frecuentemente, en entredicho el valor de estructurar separadamente las disciplinas escolares en los planes de estudios, y se haya postulado la necesidad de la interdisciplinariedad tomada en diversas acepciones como un intento para generar un nuevo tipo de educación. En el presente artículo, el autor hace presente algunos de los problemas implicados en esa pretensión de interdisciplinariedad. ORIGENES DE LA ESTRUCTURACION DEL SABER 1. El concepto de educación implica algo más rico que el concepto de saber o conocer: supone, además, la adquisición estable de una forma personal y social de ser, hacer y convivir. El saber se relaciona principalmente con la inteligencia y se presenta como un instrumento fundamental para el proceso de educación. La educación, no obstante, implica un concepto

más amplio: refiere a un proceso de crecimiento que tiene pre-sente principalmente a la persona y, en particular, a la voluntad 1 Segunda edición revisada. Primera edición: Problemática de la interdisciplinariedad en la cultura escolar en Revista Instituto Rosario de Investigaciones en Ciencias de la Educación, Rosario (Argentina, de tal forma que los estudiantes tengan la capacidad de solucionar problemas integrando y aplicando conceptos de diferentes áreas del saber cómo lo han expresado (Sandía et al., 2014)2, 3 y 4.

Las prácticas docentes deben conducir a desarrollar el interés en los estudiantes de tal forma que no sólo adquieran conocimientos sino nuevas maneras de pensar, actuar, sentir y desarrollar capacidades, actitudes, valores, habilidades y destrezas, que les permitan articular el aprendizaje para aplicarlo en la práctica y poder alcanzar los logros establecidos en los planes de estudios (Forero, Jaramillo, & Páez, 2017).

En el proceso educativo, la responsabilidad de aprender es del estudiante, pero la responsabilidad de promover dicho aprendizaje depende en gran medida del docente, el cual debe aplicar diversas formas de mediación de los procesos de enseñanza y aprendizaje y diferentes estrategias que van desde el uso de ejemplos, solución de problemas, fomento de las relaciones interpersonales hasta la evaluación continua y el uso de instrumentos de evaluación cualitativa, siempre buscando la apropiación del conocimiento, y la integración de los nuevos aprendizajes con sus saberes previos (Parra & Keila, 2014).

El docente mediador debe proponer diversas actividades y nuevas formas de aprender generando la participación, creatividad y el pensamiento crítico en sus estudiantes, además debe motivar, incentivar y brindar todas las herramientas dentro del aula para que se sientan cómodos y asuman con responsabilidad

su proceso de aprendizaje (Alzate-Ortiz & Castañeda-Patiño, 2020).

Lograr la motivación de los estudiantes en las clases es un factor fundamental para alcanzar los objetivos de aprendizaje. La aplicación de diferentes estrategias pedagógicas dentro del aula de clase puede o no generar interés en los estudiantes y determinar cuáles de estas estrategias o estímulos generan respuestas en los alumnos, permitiría mejorar la forma en la que se debe interactuar con ellos en las clases. Un estudiante desmotivado es un estudiante que tiene alta probabilidad de desertar de sus estudios. Un estudiante motivado se exigirá cada día más para alcanzar mayor conocimiento (Miranda Cervantes, 2013).

Las personas independientemente del rol que desempeñen en la sociedad, están sometidas a estímulos que les permiten asumir conductas de forma consciente, inconsciente y subconsciente, en el medio donde cada quien realiza sus actividades cotidianas.

De igual manera, las personas en formación dentro del sistema educativo, tanto del nivel básico, medio o superior que son expuestas a diferentes estímulos intencionados por parte de los profesores con sus estilos, métodos y metodologías utilizadas para guiar el aprendizaje, se espera que evidencien conductas asociadas con los procesos educativos (Kandel, Schwartz, & Jessell, 2005).

Los estímulos que los estudiantes reciben en las clases y que ellos reflejan como respuestas que emite el cuerpo de forma natural pueden llegar a ser interpretados como conductas asociadas a los estados de ánimo y podrían ser utilizadas para lograr entender cómo un estudiante reacciona en una clase. La medición de señales bioeléctricas como la respuesta galvánica de la piel y el pulso cardíaco están asociadas a respuestas que emite el cuerpo ante diferentes

estímulos, ya sean visuales, auditivos o táctiles (Arroyo Almaraz, 2003).

Las respuestas a estímulos son categorías obligadas en contextos educativos, sobre todo cuando aluden a la evolución del pensamiento y sus relaciones con las formas en las cuales se adquiere el aprendizaje.

En diferentes áreas como el neuromarketing y la neuroeducación, se han utilizado dispositivos electrónicos para medir las respuestas que emiten las personas ante diferentes estímulos, y con ello determinar emociones y sentimientos.

El neuromarketing se define como la aplicación de las técnicas de investigación de las neurociencias a la investigación de marketing tradicional (Monge, 2009). En este campo muchas empresas han realizado estudios de mercadeo que permiten observar los comportamientos de las personas cuando se les presentan estímulos visuales como vallas, comerciales, logos, etc., de esta manera llegan a determinar cómo será la reacción de la gente ante anuncios publicitarios o marcas de productos (Ospina Gonzalez, 2014).

Entre las técnicas utilizadas están la Electroencefalografía (EEG), la Resonancia Magnética Funcional (MRI), el Magnetoencefalograma (MEG) y la Tomografía por Emisión de Positrones (PET) (Droulers & Roulet, 2007), además se han utilizado otras técnicas como la electromiografía, los sistemas de seguimiento ocular (eye-tracking) y los sistemas de medición de la respuesta galvánica de la piel.

Algunos estudios se han centrado en el análisis de las emociones que se generan en el proceso de compras y su relación con las neurociencias, determinando que las compras diarias no marcan un estado emocional definitivo mientras que en compras complejas es perceptible la emoción de las personas (Coca C, 2010).

La neuroeducación se define como una nueva línea de pensamiento que tiene como objetivo acercar a los agentes educativos a los conocimientos relacionados con el cerebro y el aprendizaje, considerando la unión entre la pedagogía, la psicología cognitiva y las neurociencias (Campos, 2010) el cual está directamente relacionado con el complejo proceso de desarrollo y maduración del sistema nervioso central y del cerebro en conjunción con las influencias del medio ambiente. Las Neurociencias, que en los últimos años vienen revelando los increíbles misterios del cerebro y su funcionamiento, aportan al campo pedagógico conocimientos fundamentales acerca de las bases neurales del aprendizaje, de la memoria, de las emociones y de muchas otras funciones cerebrales que son, día a día, estimuladas y fortalecidas en el aula. Que todo agente educativo conozca y entienda cómo aprende el cerebro, cómo procesa la información, cómo controla las emociones, los sentimientos, los estados conductuales, o cómo es frágil frente a determinados estímulos, llega a ser un requisito indispensable para la innovación pedagógica y transformación de los sistemas educativos. En este sentido, la Neuroeducación contribuye a disminuir la brecha entre las investigaciones neurocientíficas y la práctica pedagógica. ¹, "author": [{"dropping-particle": "", "family": "Campos", "given": "Anna Lucia", "non-dropping-particle": "", "parse-names": false, "suffix": ""}], "container-title": "Revista Digital LaEducación", "id": "ITEM-1", "issued": {"date-parts": [[2010]]}, "page": "1-14", "title": "Neuroeducación: uniendo las neurociencias y la educación en la búsqueda del desarrollo humano.", "type": "article-journal", "volume": "143", "uris": ["http://www.mendeley.com/documents/?uuid=e2c71b34-b236-35be-99e9-2bf2721c8bc1"]}, "mendeley": {"formattedCitation": "(Campos, 2010).

Algunas investigaciones realizadas en el campo de la neuroeducación se han dedicado al estudio

del estrés en estudiantes universitarios. Uno de estos estudios utilizó la medición de la respuesta galvánica de la piel para identificar y clasificar el estrés académico en estudiantes de ingeniería.

En este estudio la medición de la GSR permitió obtener información sobre la relación entre el nivel de estrés y su estrecha relación con la respuesta galvánica, respuestas que no se pueden detectar mediante pruebas psicológicas o evaluaciones verbales (García, Garzón, & Camargo, 2016) combining the galvanic skin response (GSR).

De acuerdo con lo anterior, la medición e interpretación de señales bioeléctricas emitidas por los estudiantes, con la utilización de instrumentos tecnológicos y bajo estrategias pedagógicas, amplía el campo de la información acerca de las formas como asumen y responden, de tal manera que se pueden determinar emociones y asociarlas a características como el interés, la disposición y la concentración indicando algún tipo de conducta.

El conocimiento de dichas características mostradas por los estudiantes en el aula de clase permitirá implementar cambios en el ejercicio de la docencia, aplicando diferentes estrategias metodológicas que permitan mejorar el proceso de enseñanza – aprendizaje, generando conocimientos, habilidades y expresiones afectivas como una alternativa de formar seres humanos competentes.

OBJETIVOS

En este trabajo se pretende realizar la interpretación de señales bioeléctricas de respuesta galvánica de la piel y ritmo cardiaco emitidas por estudiantes que están en clases presenciales y determinar qué tipo de estímulos generan alguna respuesta en las diferentes actividades de la mediación pedagógica en la Universidad del Quindío.

METODOLOGÍA

Para estudiar la respuesta que los estudiantes exhiben, ante varios estímulos dentro de las clases, se implementó un dispositivo para la medición de señales bioeléctricas como son la respuesta galvánica de la piel y el pulso cardíaco.

Dicho sistema de adquisición de señales utiliza dos sensores secos ubicados en los dedos de las manos de los estudiantes (ver figura 1). Estos sensores se conectan a un módulo Arduino por medio del cual se realiza la adquisición y procesamiento de los datos y la visualización se realiza conectando dicho módulo con el computador y utilizando el software MATLAB®.



Figura 1. Ubicación de los sensores en la mano.

Se utilizó el sensor GSR (Galvanic Skin Response), el cual permite medir la respuesta galvánica de la piel y el sensor XD-58 que permite medir la frecuencia cardiaca.

El sensor GSR se muestra en la figura 2. Consta de dos electrodos que permiten obtener la respuesta galvánica y se ubican en dos dedos de la mano. Dicho sensor se conecta a una de las entradas analógicas del Arduino.

El GSR mide los cambios en la resistencia galvánica de la piel debido a diferentes estímulos

como la ira, el miedo, la alegría, el deseo, etc, los cuales activan las glándulas sudoríparas existentes en las manos y dedos.



Figura 2. Sensor GSR (Seeed Technology Co., 2018).

El sensor XD-58D mostrado en la figura 3 se utiliza para medir la frecuencia cardíaca, consta de un emisor infrarrojo y un fototransistor como receptor y se conecta a una de las entradas analógicas del Arduino.

La medición de la frecuencia cardíaca se basa en la absorción de la luz que se refleja desde los capilares del dedo hacia el fototransistor. Esta técnica es conocida como fotopleitismografía (Celi, Rocha, & Yapur, 2011) y es una técnica no invasiva que permite medir las variaciones del volumen de sangre bombeado por el corazón, lo que se asocia a la frecuencia cardíaca.



Figura 3. Sensor de Frecuencia Cardíaca XD-58C (Hackster.io, 2018).

El Arduino permite acondicionar la señal de los sensores, realizar la conversión análogo/digital y digital/análogo, y realizar la comunicación con el computador para la visualización de los datos. El Arduino consta de un microcontrolador encargado de ejecutar todas las tareas que se le

programen, y la comunicación con el computador es a través de conexión USB.

Este sistema de adquisición de datos permite utilizar un código de programación en lenguaje C, el cual es interpretado por la tarjeta Arduino y permite leer los datos medidos por los sensores en forma analógica, convertirlos en señales digitales, guardarlos en una memoria SD como un archivo de Excel para luego ser visualizados en el computador por medio de gráficas en el programa MATLAB®. En la figura 4 se presenta el dispositivo implementado para medir las señales emitidas por los estudiantes.



Figura 4. Dispositivo para la medición de señales bioeléctricas.

Las mediciones se realizaron con estudiantes de primer y segundo semestre del programa de Tecnología en Instrumentación Electrónica de la Universidad del Quindío en las asignaturas de mecánica y circuitos I respectivamente.

Se realizaron 5 sesiones con cada grupo y se escogieron aleatoriamente 5 estudiantes por curso para realizar la prueba debido a que se tenía la disponibilidad de sólo 5 equipos de medición y se quería observar la respuesta de cada uno de ellos en la respectiva clase. Cada medición se realizó durante un tiempo de 5 minutos.

Inicialmente las dos primeras sesiones fueron dedicadas a la exposición de un tema por parte del docente pero sin realizar preguntas a los

estudiantes, en la siguiente sesión el docente se dedicó a presentar figuras relacionadas con los temas de las clases anteriores y en las últimas dos sesiones el docente expuso el tema y realizó preguntas a los estudiantes en forma individual.

Para realizar la toma de datos, se ubican los sensores en los dedos de los estudiantes y se realizan mediciones durante 5 minutos en intervalos de un minuto. Los datos quedan guardados en la memoria y son graficados en MATLAB®.

RESULTADOS

Para analizar la respuesta de los estudiantes ante diferentes estímulos se observaron las gráficas obtenidas en cada una de las sesiones y se realizaron las comparaciones para cada caso.

El objetivo es determinar los cambios producidos en las señales, los cuales están asociados con las alteraciones del ritmo cardíaco y la respuesta galvánica de la piel, con lo que se puede llegar a inferir emociones en los estudiantes.

Debido a la cantidad de mediciones y gráficas obtenidas, se presentan resultados de dos personas en cada prueba, ya que en cada medición, para un solo estudiante, se obtienen 10 gráficas. Las gráficas superiores presentan la respuesta galvánica mientras que las inferiores muestran el pulso cardíaco.

En la figura 5 se presenta la gráfica con los sensores desconectados, la cual sirve como línea de base para establecer los parámetros sobre los cuales se puedan hallar las diferencias en ritmo cardíaco y respuesta galvánica.

Se observa que al no haber conexión con el estudiante, el comportamiento de las señales no varía y permanece estable.

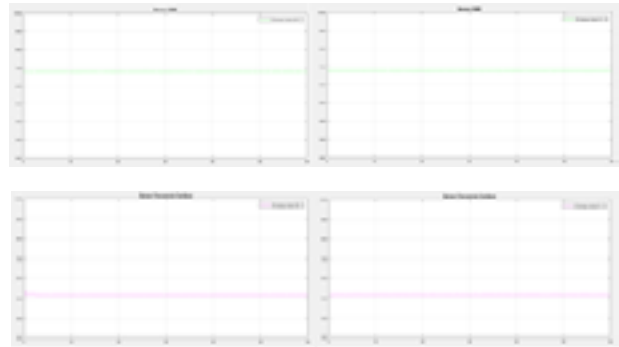


Figura 5: Señal de los sensores sin estar conectados al estudiante.

La primera medición se realizó con los estudiantes en estado de reposo; sin estar realizando ninguna actividad y sin que el profesor estuviese dando la clase.

En la figura 6 se muestra la señal que se obtuvo. Para la respuesta galvánica se observa un valor constante, el cual se reflejó en los demás estudiantes y en la frecuencia cardíaca se observan diferentes picos que oscilan alrededor de un valor constante y no se observa que la señal aumente o disminuya su intensidad con respecto a este valor, notándose la diferencia con respecto a la figura 5.

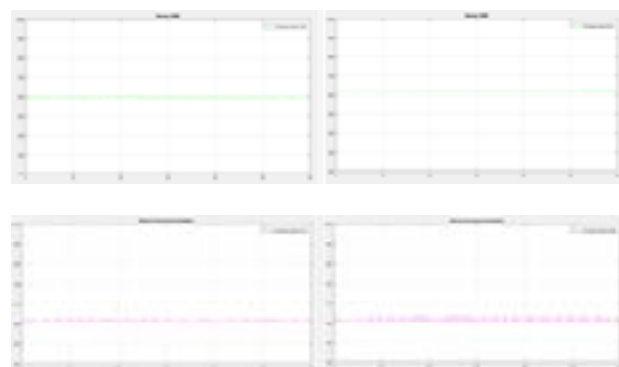


Figura 6: Señales obtenidas con los estudiantes en reposo.

De lo observado en la figura 6 se puede colegir que en el estado de reposo el comportamiento de las variables ritmo cardíaco y respuesta galvánica para los cinco estudiantes mantiene un rango constante y sin alteraciones, lo que

también indica que en situaciones normales y sin sobresaltos emocionales, no se perciben cambios significativos de respuestas en el mismo, por consiguiente no existen compensaciones autónomas que puedan estar relacionadas con cambios de temperatura o ritmo cardíaco.

Se procedió a realizar una clase en la cual se explicaron algunos conceptos básicos del movimiento de los cuerpos. La clase consistió en la explicación del tema y la realización de los respectivos ejemplos, además se mostraron figuras pero no se realizaron preguntas a los estudiantes y se obtuvieron las señales que se muestran en la figura 7.

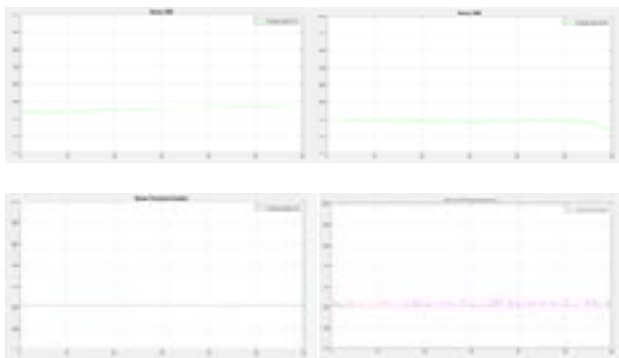


Figura 7: Señales obtenidas con los estudiantes en clase y sin realizarles preguntas.

De dicha figura se observa que la respuesta galvánica de cada estudiante es diferente, y que dicho valor promedio es menor que la respuesta que se exhibió en condición de reposo. Esto indica que la resistencia eléctrica de la piel disminuye su valor cuando los estudiantes están atentos en la clase. Las mediciones realizadas a los estudiantes en las diferentes clases y bajo la misma condición arrojaron valores similares.

De igual manera se observa que las respuestas de la frecuencia cardíaca presentan valores promedio idénticos a los observados en la figura 6, y no se observa que dicho valor aumente o disminuya considerablemente. Esto indica que mientras los estudiantes están atentos a las explicaciones pero no intervienen en las clases, no presentan una variación en su pulso cardíaco.

Cabe resaltar que los demás estudiantes presentaron comportamiento similares a los mostrados en la figura.

Las imágenes presentadas en la clase no generaron respuesta alguna que pudiera ser percibida en las mediciones.

En las últimas dos sesiones se realizaron exposiciones magistrales por parte del docente, explicando conceptos y resolviendo ejercicios pero con la diferencia de que se realizaron preguntas individuales en la clase.

Se propusieron ejercicios y a cada estudiante se le preguntó acerca del tema. Se observó que las señales obtenidas por cada uno de los sensores cambiaron sustancialmente con respecto a las condiciones mostradas anteriormente.

En la figura 8 se presentan los resultados obtenidos y se puede apreciar que al momento de realizar las preguntas, los estudiantes presentaron variaciones en las señales medidas tanto para la respuesta galvánica como para el pulso cardíaco. Se observa que dichas variaciones ocurren simultáneamente en ambas señales y en todas las mediciones realizadas, indicando que las preguntas realizadas están estimulando las respuestas bioeléctricas de los estudiantes.

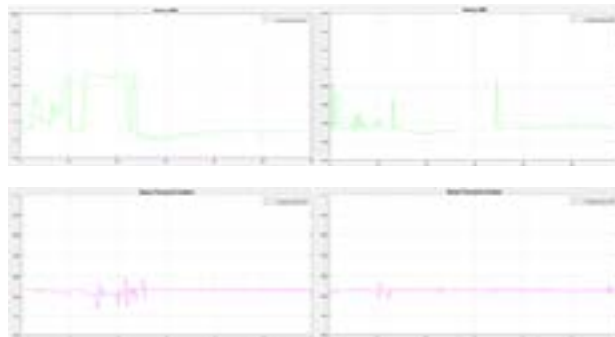


Figura 8: Respuesta de los estudiantes al realizarles preguntas en clase.

Aunque en este estudio no se está realizando un análisis numérico de las señales, se puede

ver que para la respuesta galvánica, luego de la excitación, el valor promedio de la señal es menor que en los casos anteriores mientras que para el pulso cardíaco, luego de la excitación, el valor promedio se mantiene como en los casos anteriores.

Para este estudio queda demostrado que al cambiar las condiciones dentro de la clase, es decir, al someter a los estudiantes a preguntas, los mismos alteran su ritmo cardíaco y su respuesta galvánica de manera notoria; exhibiendo que este tipo de estímulos se manifiesta posiblemente debido a la tensión que genera en los estudiantes las preguntas realizadas por los profesores.

El aporte principal de este trabajo está encaminado a la integración de diferentes disciplinas dentro de la Universidad del Quindío, entre ellas las áreas de la tecnología electrónica, la educación y las ciencias sociales, centradas en la medición de variables bioeléctricas buscando conocer qué estrategias pedagógicas y estímulos, aplicados por los docentes en el aula de clase, son los que pueden llegar a tener mayor impacto en los estudiantes.

CONCLUSIONES

Se analizó la respuesta galvánica de la piel y el ritmo cardíaco en estudiantes del programa de Tecnología en Instrumentación Electrónica de la Universidad del Quindío (Colombia) sometidos a estímulos en clase. Se construyeron los dispositivos para la medición y visualización de las señales mencionadas.

Gracias a dichos dispositivos se pueden observar las diferencias en las señales que van desde los niveles mínimos de emisión, teniendo en cuenta la desconexión de los sensores, hasta la observación de picos que señalan la variación en la lectura de las señales emitidas por los estudiantes.

Se observó que cuando los estudiantes están en reposo, es decir; que no están en clase, las señales emitidas son constantes y no exhiben variaciones. Lo mismo ocurre cuando a los estudiantes se les presentan imágenes y gráficas, éstos no exhiben respuesta ante estímulos visuales y las señales obtenidas permanecen sin variación.

Se determinó que las preguntas individuales generan estímulos, los cuales se exhiben con grandes variaciones en la respuesta galvánica de la piel y el pulso cardíaco, lo que se puede constatar gráficamente.

Aunque en este estudio no se están asociando emociones a las respuestas obtenidas, este último resultado se puede atribuir a la tensión que se genera en el momento de la pregunta, ya que la interacción con el docente implica una responsabilidad y el temor a no responder adecuadamente puede generar esta reacción

Los resultados obtenidos son el comienzo de nuevas fases de experimentación en las que se puedan incluir otras variables u otros tipos de estudio como el estrés en los estudiantes. Asimismo llegar a asociar las respuestas de las variables medidas a las emociones que sienten los estudiantes y comprobar si las estrategias metodológicas aplicadas por los docentes cumplen con los objetivos de las enseñanzas.

Estos estudios podrían estar orientados a determinar el comportamiento de los estudiantes de acuerdo con su estilo de aprendizaje para diseñar e implementar una propuesta de intervención con el fin de favorecer el proceso de enseñanza aprendizaje en el aula a partir de las estrategias metodológicas y didácticas utilizadas por el docente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alzate-Ortiz, F. A., & Castañeda-Patiño, J. C. (2020). Mediación pedagógica: Clave de una educación humanizante

y transformadora. Una mirada desde la estética y la comunicación. *Revista Electrónica Educare*, 24(1), 1–14. <https://doi.org/10.15359/ree.24-1.21>

- Arroyo Almaraz, I. (2003). Imágenes mentales I. Los estímulos visuales y auditivos. *Revista Científica de Comunicación Y Tecnologías Emergentes*, 1(1), 11–25. <https://doi.org/10.7195/ri14.v1i1.461>
- Campos, A. L. (2010). Neuroeducación: uniendo las neurociencias y la educación en la búsqueda del desarrollo humano. *Revista Digital LaEducación*, 143, 1–14. Retrieved from www.unesdoc.unesco.org.
- Celi, G. G., Rocha, M., & Yapur, M. (2011). *Mediciones fotopletismográficas*. Guayaquil.
- Coca C, M. A. (2010). Neuromarketing: las emociones y el comportamiento de compra. *Perspectivas*, (25), 9–24.
- Darós, W. R. (1993). Problemática sobre la interdisciplinariedad en la educación escolar. *Revista Instituto Rosario de Investigaciones En Ciencias de La Educación*, (6), 5–45.
- Droulers, O., & Rouillet, B. (2007). Émergence du Neuromarketing: Apports et Perspectives pour les Praticiens et les Chercheurs. *Décisions Marketing*, 46(Avril-Juin), 9–22. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/40593111>
- Forero, E., Jaramillo, C., & Páez, A. (2017). La mediación pedagógica, una propuesta para generar un cambio hacia una cultura aprendiente. *Revista REDpensar*, 23–35.
- García, S., Garzón, L., & Camargo, L. H. (2016). Identification and classification of academic stress by galvanic skin response. *Visión Electrónica*, 1–10.
- Hackster.io. (2018). SensorXD-58C. Retrieved March 20, 2020, from <https://www.hackster.io/factoryeight/emotion-towards-a-better-future-a01489>
- Kandel, E., Schwartz, J., & Jessell, T. (2005). *Neurociencia y Conducta*. Madrid: Prentice Hall.
- Miranda Cervantes, G. (2013). La persona: Núcleo vital del proceso de mediación pedagógica. *Revista Electrónica Educare*, 18(1), 293–301. <https://doi.org/10.15359/ree.18-1.14>
- Monge, S. (2009). *Jornada. Paper presented at the Neuromarketing: Nuevas fronteras de la investigación de mercados*. Retrieved from <http://www.spri.eus/euskadinnova/es/empresa-digitala/agenda/neuromarketing-nuevas-fronteras-investigacion-mercados/2721.aspx?showold=true>
- Ospina Gonzalez, L. A. Analisis de la influencia del neuromarketing en el proceso de decisión de compra del consumidor. , Seminario de grado 1–30 (2014).
- Parra, F., & Keila, N. (2014). El docente y el uso de la mediación en los procesos de enseñanza y aprendizaje. *Revista de Investigación*, 38(83), 155–180.
- Sandía, B., de los Ángeles, M., Martínez-Azua, C., Dios, C., Rey, L., & José, M. (2014). Ventajas de la interdisciplinariedad en el aprendizaje. Experiencias innovadoras en la educación superior. *XI Jornadas Internacionales de Innovación Universitaria*, 11–20. Retrieved from <https://campusvirtual.unex.es/>
- Seed Technology Co., L. (2018). Grove - GSR Sensor. Retrieved March 20, 2020, from http://wiki.seeedstudio.com/Grove-GSR_Sensor/