

Medición de señales neuronales en distintos estados de la conciencia por técnica de bioimpedancia eléctrica

C. D. Bravo Alvarado^{1*}, J. M. Balleza Ordaz¹ y M. I. Delgadillo Cano¹

¹ Universidad de Guanajuato, División de Ciencias e Ingenierías, Guanajuato, México.
**bravoac2016@licifug.ugto.mx*

Resumen

La bioimpedancia eléctrica (BE) es una técnica que ha logrado tener una mayor relevancia en la actualidad ya que a diferencia de distintas técnicas de análisis sobre el material biológico que tiende a ser invasiva, la BE es no invasiva y su uso no presenta ningún riesgo aun cuando se aplique sobre un cuerpo humano. En este trabajo se registraron señales neuronales por medio de esta técnica de BE y se buscó poder comparar señales de un electroencefalograma con las señales de un módulo IBE100C® para obtener una señal más precisa se trabajó con distintos estímulos aplicados al sujeto de prueba para poder obtener una mayor expresión de las longitudes de onda (delta, theta, alpha y beta).

Palabras clave: Bioimpedancia eléctrica, Señales electroencefalográficas, Señales neuronales.

1. Introducción

El cerebro es un órgano esencial en muchas especies. En la vida de cualquier ser humano, nos otorga capacidades avanzadas y cotidianas. Al realizar funciones como escribir, leer, caminar, razonar y muchas otras, son reguladas una gran cantidad de neuronas a través de impulsos eléctricos. Los impulsos eléctricos son producidos a través de diferencias de potencial en la membrana neuronal, que ocurren cuando se acumula un exceso de iones negativos (aniones) dentro de la membrana y iones positivos (cationes) fuera de la membrana. Esta diferencia de potencial produce un transporte por medio de bombas de sodio-potasio las cuales se les conoce con este nombre ya que se expulsan tres iones de sodio Na por cada dos iones de potasio K. De este transporte de material se sabe que hay una transferencia de 1/50,000 a 1/500,000 para generar un potencial nervioso normal de aproximadamente 85 milivoltios dentro de la neurona. Esto puede ser denominado bioelectricidad [1].

El descubrimiento de estas señales eléctricas cerebrales se remonta a 1875 por el físico inglés Richard Catón y estas pudieron ser registradas y confirmadas por primera vez por el neurólogo alemán Hans Berger en 1929. Berger llamó al dispositivo que hizo posible el registro como electroencefalograma (EEG) y rápidamente empezaría a obtener usos al poder identificar un comportamiento de ondas las cuales presentaban picos característicos que permitieron su aplicación en campos como la epilepsia [2].

Las señales electroencefalográficas son mediciones del flujo de la corriente presente entre las dendritas (porción de la neurona receptora o de entrada de una neurona con disposiciones arborescentes que se extienden desde el cuerpo celular) al momento en el que se presenta un cambio de potencial que se trasmite a través de su axón (miembro único de la neurona que propaga impulsos nerviosos hacia las glándulas, fibras neuronales o neuronas vecinas) y produce una excitabilidad neuronal (impulso nervioso) [3]; las corrientes también generan un campo magnético el cual puede ser registrado por un electromiograma [6]. Años de estudio analizando personas con ciertos tipos de desórdenes neurológicos han permitido encontrar que el cerebro manifiesta ciertos patrones en las señales electroencefalográficas; ejemplo de esto es la actividad neuronal presente en una persona en estado de relajación. Parte de las características de estas señales es que pueden ser separadas en cinco categorías: alfa, beta, delta, theta y gamma. Cada una de las categorías están divididas por una amplitud y distintas frecuencias. En las ondas delta (0.1 - 3.99 Hz) se tienen señales asociadas a un sueño profundo, las señales theta (4 - 7.99 Hz) son referidas a señales con un origen en el tálamo (estación de apoyo de los estímulos nerviosos ubicada entre la mitad derecha e izquierda del cerebro) y en la somnolencia; también son usadas en estudios relacionados en estudios sobre las emociones. Las ondas alfa (10-12 Hz) son referidas a la región occipital, presentes en estados sin atención o concentración. Las ondas beta (14-18 Hz) están presentes al despertar o al realizar actividades que ocupen un esfuerzo mental. Las señales gamma (36-40 Hz) se encuentran localizadas en la región centro-frontal y su actividad se ve presente al realizar actividades sincronizadas.

Así como el electroencefalograma (EEG) registra los potenciales de acción presentes entre dendritas, la bioimpedancia eléctrica (BI) registra señales eléctricas en tejido gracias a que el tejido tiene la propiedad de oponerse a la corriente. Así, al aplicar una corriente sobre un tejido la electricidad presentará características exógenas relacionadas con la bioelectricidad y estas señales serán registradas por nuestro instrumento de BI [4][5].

2. Metodología

2.1 Sujetos de Estudio

Para el estudio fue seleccionado un grupo de estudiantes en un rango de edad entre los 18 a 25 años de los cuales se procuró que presentaran algún tipo de problema neuronal ya que esto puede intervenir con las señales obtenidas por el módulo IBE100C®. En la actualidad se ha trabajado con una muestra de 10 alumnos. Posteriormente a los sujetos de prueba se les solicitó que se presentaran con el cabello rapado especialmente en las regiones laterales y posterior de la cabeza.

2.2 Obtención de la señal de BE.

Al realizar el análisis conectamos el módulo IBE100C® con cuatro cables en la región occipital, a través de los cables se hizo fluir una corriente de $400\ \mu\text{A}$ a $100\ \text{kHz}$, la baja corriente y su alta frecuencia permiten el análisis sin exponer al paciente a cualquier riesgo y los valores se encuentran por debajo del umbral de percepción. También se conectaron tres cables en la región temporal y por medio de un módulo EEG100C® se registra la señal neuronal del sujeto de prueba. Para poder inducir en los tres estados de la conciencia se realizaron distintas técnicas para cada caso. En cada caso se realizó un tiempo de muestra de 3 minutos. Figura 1.

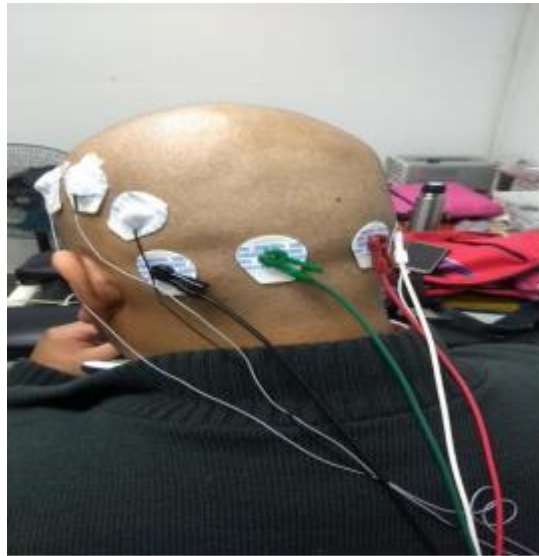


Fig. 1. Configuración de electrodos conectados al BIOPAC MP150®

2.2.1 Estado de Concentración

Para el primer estado, se seleccionaron una serie de ejercicios matemáticos y de reconocimiento de imágenes. Pasados 15 segundos de empezar a resolver los ejercicios se procedió a registrar las señales.

2.2.2 Estado de Relajación

En el segundo estado se instruyó al sujeto sobre técnicas de relajación por medio del control en su respiración, se apagaron las luces del laboratorio y después de 1 minuto se empezó a registrar la señal.

2.2.3 Estado de estrés

Para el ultimo estados se aplicó un sonido generado por una onda cuadrada a $15,000\ \text{Hz}$, también se les informo que si en algún momento presentaban algún tipo de dolencia producida por el sonido se

notificara e inmediatamente se terminaba la prueba para evitar riesgos en la salud, el sonido fue producido por bocinas a una distancia de un metro del paciente y el registro de la muestra fue iniciado al instante con el fin de no someter prolongadamente a los sujetos de prueba a este estado.

Las señales obtenidas por el módulo EEG100C® fueron registradas en un documento de Excel agregando una columna donde se registró el tiempo de cada señal basado en el tiempo de muestreo utilizado, posteriormente se procedió a hacer un filtrado de nuestra señal por medio de un filtro pasa banda, los límites de nuestro filtro pasa banda están delimitados por la frecuencia para cada onda cerebral.

3. Resultados y Discusión

De las señales registradas se lograron obtener 3 señales de color negro, azul y rojo que son del módulo, la fase y el electroencefalograma, respectivamente. En una perspectiva general logramos observar que

3.1 Resultados para un estado de concentración

Para las señales obtenidas dentro de un estado de concentración se logró observar que para el módulo tenemos picos característicos entre .25 y .4 de amplitud, estos picos se presentaron en un rango entre los 9 y 17 Hz, estas longitudes se pueden atribuir a la presencia de una onda beta la cual se encuentra entre los 14 y los 18 Hz, también observamos que para la gráfica de la fase presenta picos característicos alrededor de la misma frecuencia que la del modulo y en la grafica de EEG no se lograron identificar valores característicos dentro del estímulo por concentración. Figura 2

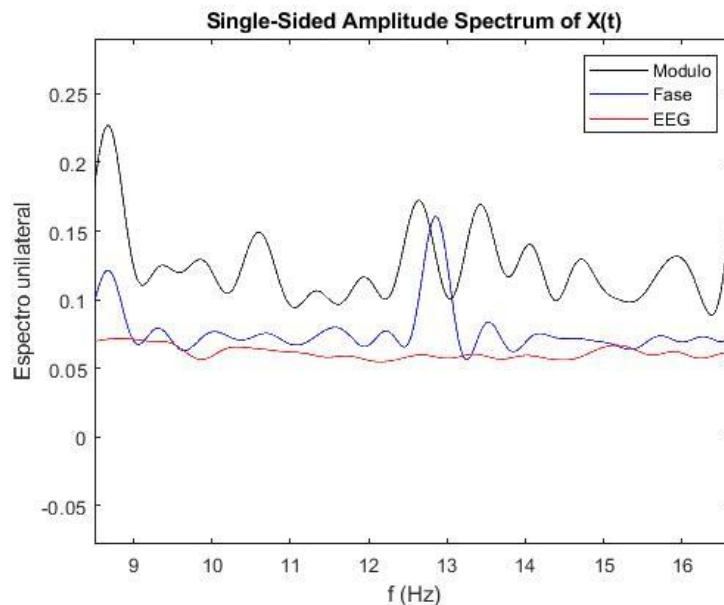


Fig. 2. Señal registrada por bioimpedancia, con estímulo de concentración y centrada en un rango entre los 8 y 17 Hz

3.2 Resultados para un estado de relajación

En las señales obtenidas por la estimulación de un estado de relajación, se logró observar la presencia de picos característicos alrededor de los 8 y 14 Hz, esto basado en la teoría nos permite saber que es producido por una onda alfa, es decir por un estado de relajación. Dentro de esta longitud de onda podemos encontrar picos característicos entre los .3 y .54 de amplitud. También encontramos picos característicos alrededor de los picos característico del modulo con valores entre los .14 y .21 de amplitud. Cabe resaltar que ha diferencia de la señal producida por el estado de concentración, vemos un mayor aporte por parte de la señal EEG, en la cual presentamos un pico característico alrededor de los 8 y 10 Hz. Figura 3.

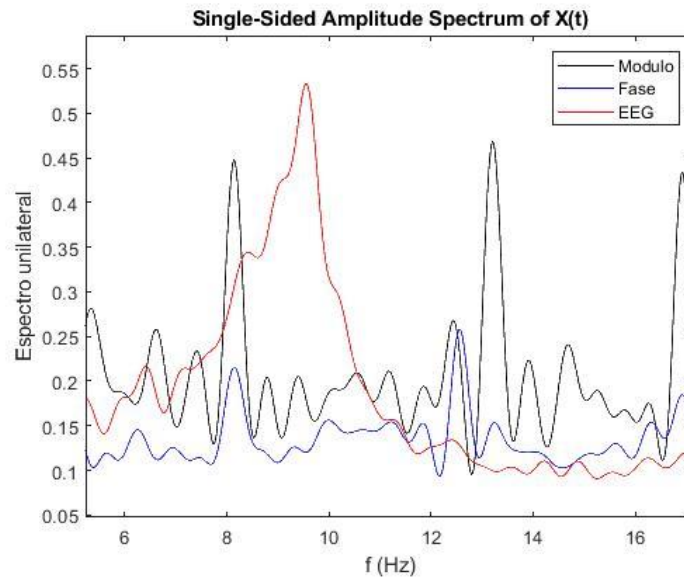


Fig. 3. Señal registrada por bioimpedancia, con estímulo de relajación y centrada en un rango entre los 5 y 17 Hz

3.3 Resultados para un estado de estrés.

En el estado donde se sometió a un estado de estrés obtuvimos las mayores amplitudes dentro de un rango entre los 14 y 30, estos valores corresponden a una presencia de ondas Beta las cuales se presentan en estados de acción, donde hay una excitación o actividad mental alerta al entorno. Dentro de ella podemos encontrar máximos locales entre los .51 y .98 de amplitud. De estos se logra observar máximos locales alrededor de las mismas frecuencias, pero en la señal de la fase se encontraron picos de entre los .1 y .15 de amplitud. Añadido a estas señales se logra observar un aporte muy pequeño por parte de la señal EEG, donde su aporte máximo se localizo alrededor de 10 Hz. Figura 4.

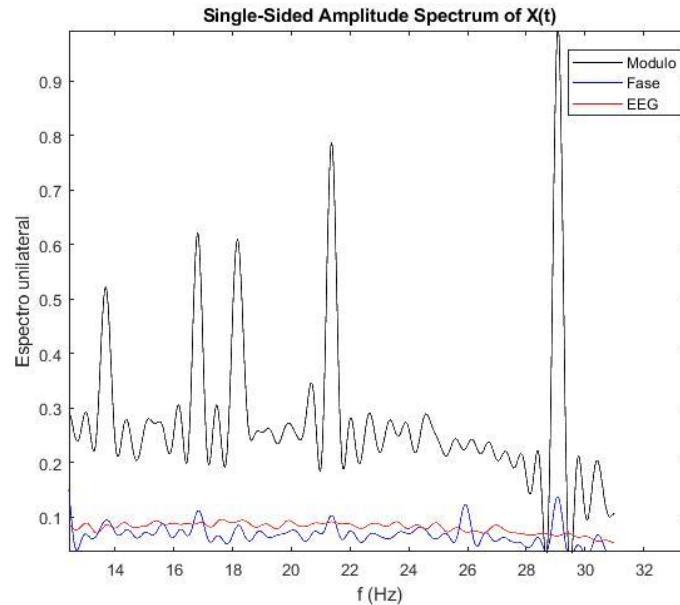


Fig. 4. Señal registrada por bioimpedancia, con estímulo de estrés y centrada en un rango entre los 13 y 31 Hz.

4. Conclusiones

Se obtuvieron los picos característicos en cada uno de los estímulos por medio nuestro modulo EEG100C®, los cuales al lograr obtener características específicas para cada uno de los estímulos arroja datos satisfactorios respecto a lo obtenido en el módulo de cada una de las señales, estos resultados nos permitan reconocer señales neuronales usando la bioimpedancia eléctrica. Uno de los factores a tomar en cuenta también es la señal obtenida por el EEG ya que presenta un aporte directo a nuestros resultados obtenidos, es debido a esto que se considerara un análisis de correlación entre las dos señales. Una vez teniendo el aporte del EEG se podrá comprender situaciones en las que se observaba una respuesta por parte del EEG, pero en frecuencias distintas a donde se localizaban los picos característicos.

Los planes a futuro para este proyecto son poder realizar más pruebas para poder obtener valores estadísticos y poder estimar un porcentaje de error correspondiente al método. Una vez obtenidos los valores estadísticos se podrá proponer una mayor cantidad de estímulos. Finalmente, al comparar los datos obtenidos dentro del laboratorio con señales electroencefalográficas y poder conocer las similitudes entre los dos métodos.

Declaración de conflictos de interés

"Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés para este trabajo"

Referencias

- [1] C. Guyton, “Introducción a la fisiología: la célula y la fisiología general” in Anatomía y Fisiología del Sistema Nervioso, 11th ed., México, 1988, ch. 1, pp. 1-6.
- [2] S. Finger, “The Era of Cortical Localization” in *Origins of Neuroscience: A History of Explorations Into Brain Function*, 1th ed., Oxford, NY, 1994, Ch. 3, pp. 40-42. [Online]. Available: https://books.google.com.mx/books?id=GMeW9E1IB4C&hl=es&redir_esc=y.
- [3] G. J. Tortora. “Tejido Nervioso” in *Principios de Anatomía y Fisiología*. España, 2006, ch. 12, pp. 418-420.
- [4] S. Grimnes, “Bioimpedance”, Norway, 2006, pp. 1-3.
- [5] A. V. Oppenheim, “The continuous-Time Fourier Transform” and “The Discrete-Time Fourier Transform” in *Signals & Systems*, 2th ed., New Jersey, 1996, ch. 4-5, pp. 284-286, 358-361.
- [6] M.L.Arana, “Fundamentos de la síntesis de redes” in *Síntesis de circuitos*, 1th ed., México, 2007, ch.1 ,pp.2-10.