

## Evaluación de Potenciales Evocados Visuales con Estímulos de Diferente Intensidad y Color.

Jesús A. Estrada Castillo, Ariel Montoya Rodríguez, Martín O. Méndez, Alfonso Alba  
Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de San Luis Potosí

**Resumen-** En este trabajo se analiza la respuesta de los potenciales evocados visuales (PEV) durante cuatro pruebas distintas considerando color e intensidad. Se encontraron diferencias significativas entre hombres y mujeres y un patrón bien definido en la respuesta de los hombres a cierto estímulo lo que indica que puede ser factible utilizar esta técnica para el desarrollo de un equipo de campimetría eliminando la respuesta subjetiva del paciente.

**Palabras clave-** Campimetría, EEG, glaucoma, media síncrona, potenciales evocados visuales.

### I. INTRODUCCIÓN.

Los Potenciales Evocados Visuales (PEV) son el resultado de los cambios generados en la actividad eléctrica cerebral tras la estimulación luminosa. Los PEV de tipo destello producen respuestas evocadas con un patrón semi-establecido de individuo a individuo, aunque con una gran variabilidad. Por lo tanto, pueden utilizarse en algunos casos para determinar si la corteza cerebral recibe un estímulo luminoso [1]. La respuesta eléctrica de la retina se da gracias a que células especializadas (conos y bastones) provocan reacciones bioquímicas las cuales son propagadas por medio de la vía óptica y se manifiestan en la corteza visual en manera de impulsos eléctricos [2]. Los PEV son una de las principales herramientas clínicamente objetiva para evaluar el estado funcional del sistema visual y una de sus principales ventajas es que permiten evaluar en forma no invasiva diferentes patologías como disfunciones electrocorticales, ceguera psicológica, neuritis óptica [3].

Sin embargo, los PEV pueden ayudar a evaluar en forma más específica la respuesta del sistema visual. Por ejemplo, es posible evaluar los PEV a diferentes intensidades de luz y a diferentes colores. Esto es interesante ya que el sistema visual responde en forma específica dependiendo del estímulo. Esto conlleva que los PEV pueden permitir el desarrollo de nuevos sistemas para evaluar la funcionalidad del sistema visual en el área oftalmológica, en donde una de las principales enfermedades es la detección de glaucoma [4].

La prueba para evaluar el glaucoma es la campimetría, donde el sujeto es sentado frente a un sistema óptico que muestra una luz en diferentes posiciones del campo visual a intervalos de tiempo regulares e intensidades diferentes. El paciente debe presionar un botón al momento de percibir un estímulo visual. Sin embargo, la prueba es tediosa debido a su duración y está sujeta a la atención del paciente para presionar el botón cuando percibe el estímulo. Todos estos factores ocasionan que la evaluación tenga un gran nivel de

subjetividad y se hace necesario presentar varios estímulos en la misma posición para poder disminuir la probabilidad de error causada por la distracción del paciente. Esto genera la necesidad de desarrollar sistemas que no dependan necesariamente de una respuesta motriz, los cuales podrían basarse en señales como los PEV para reducir la subjetividad.

Este trabajo tiene por objetivo realizar un análisis de PEV para poder identificar patrones útiles para los fines del estudio de la campimetría. Para esto, se utilizaron estímulos con diferentes intensidades con el objetivo de establecer un umbral de intensidad a partir del cual se observe una respuesta evocada. Con el mismo objetivo se realizaron pruebas utilizando estímulos de distintos colores para evaluar la factibilidad del desarrollo de un sistema diferente al utilizado en clínica basado en señales de electroencefalograma (EEG).

### II. METODOLOGÍA.

#### A. Materiales

La prueba se realizó en una muestra de 10 sujetos (5 hombres y 5 mujeres) con edades entre 19 y 31 años. Todos los sujetos firmaron la carta de consentimiento antes de participar en el estudio. Ningún sujeto manifestó tener problemas de diabetes, epilepsia o alguna patología ocular.

#### B. Módulo de registro

El registro de las señales se realizó mediante el sistema de adquisición de datos BIOPAC MP36 el cual permite un muestreo de 1000 Hertz.

Se adquirieron dos canales de registro de (EEG), por lo tanto fue necesario utilizar tres electrodos con recubrimiento de plata-cloruro de plata (Ag-AgCl) colocados en O1 y O2 en configuración monopolar y tomando el lóbulo de la oreja derecha como referencia [4]. Las señales de EEG fueron filtradas de 0.5 Hz – 35 Hz. Además, los datos fueron inspeccionados visualmente para eliminar aquellos registros que mostraron artefactos. Los registros útiles corresponden a los 10 sujetos mencionados en la Sección II.A.

Se utilizó un tercer canal del sistema BIOPAC para registrar la señal de un fotosensor con la finalidad de conocer el momento exacto en que se producía el destello. En esta señal se aprecia un cambio de estado en el registro cuya duración es proporcional a la del estímulo y lo denominaremos *marcador*.

Finalmente, en el cuarto canal de registro se integró la señal proveniente de un botón que el individuo debe pulsar cuando perciba un destello. La intención de analizar datos con actividad motora es en dos sentidos: primero, conocer la latencia entre la presentación del estímulo y la respuesta motora, y segundo, evaluar la posibilidad de diseñar un sistema híbrido que utilice tanto EEG como respuesta motora.

### C. Estímulos visuales

Se desarrolló un sistema para generar los estímulos visuales bajo la plataforma Arduino Due. Dicho dispositivo consta de un cilindro de 30 cm de longitud con dos fuentes emisoras de luz, blanco y rojo en un extremo y un orificio en el otro extremo en donde se sitúa a los sujetos de prueba. El dispositivo se colocó en una base ajustable para poder situar el sistema a una altura cómoda para el sujeto. En la Figura 1 se muestra un sujeto mientras realiza la prueba. En a) se logra observar el módulo de registro de las señales con el sistema BIOPAC MP36, mientras que en b) se observa el sistema de estimulación.

Para cada una de las fuentes emisoras de luz se utilizaron dos intensidades distintas, una intensidad alta con voltaje de 80.58 milivolts para que el destello no significara una molestia al realizar la prueba; y la intensidad baja con voltaje de 0.8 milivolts que es el valor mínimo que se puede manejar en el Arduino. La intensidad de los destellos se presentaba de manera aleatoria con probabilidad de .5 cada una. La duración del destello fue de 100 ms y el periodo entre ellos variaba de manera aleatoria entre 3 y 6 segundos (tiempo aproximado de recuperación de la retina).

El protocolo consta de cuatro pruebas distintas por sujeto:

- PBS: Luz blanca con botón
- PBN: Luz blanca sin botón
- PRS: Luz roja con botón
- PRN: Luz roja sin botón

Cada una de las pruebas tuvo una duración de 5 minutos durante los cuales se presentaron un promedio de 67 destellos con intensidad variante. Después de cada prueba los sujetos tomaban un descanso de cinco minutos para evitar posibles anomalías como mareos y náuseas. Todas las pruebas se realizaron sobre el ojo izquierdo manteniendo el derecho cubierto y en un ambiente con poca iluminación, y donde únicamente estaba presente el personal técnico y el sujeto de prueba, para evitar cualquier distracción o interrupción. En la Figura 2a se muestra, a manera de ejemplo, el registro del EEG para un solo sujeto (masculino) durante la prueba PBS. Como puede observarse, la actividad motora debida al pulsado del botón genera un patrón de gran amplitud bien definido en la señal de EEG, el cual podría opacar al PEV que se espera observar. En la Figura 2b, se muestra el PEV durante la prueba PBN, donde no se presenta la respuesta motora.

### III. ANÁLISIS Y RESULTADOS.

El análisis de las señales se realizó mediante el cálculo de la media sincrónica para estimar el PEV. Se tomaron 50 estímulos (25 a intensidad baja y 25 a intensidad alta) de cada registro y se dividieron en grupos de hombres y mujeres, considerando 1.5 segundos antes y después del estímulo. Entonces tenemos varias señales sincronizadas por el estímulo que definiremos como  $X_k(n)$ , donde  $k$  es la  $k$ -ésima realización y  $n$  es el tiempo. Entonces, la media sincrónica  $S(n)$  se calcula como:

$$S(n) = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^K X_k(n). \quad (1)$$

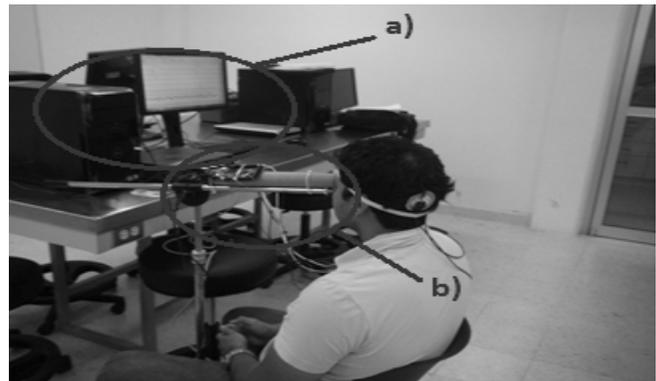


Fig. 1. Configuración para la adquisición de los potenciales evocados visuales: a) módulo de registro, b) sistema de presentación de estímulos.

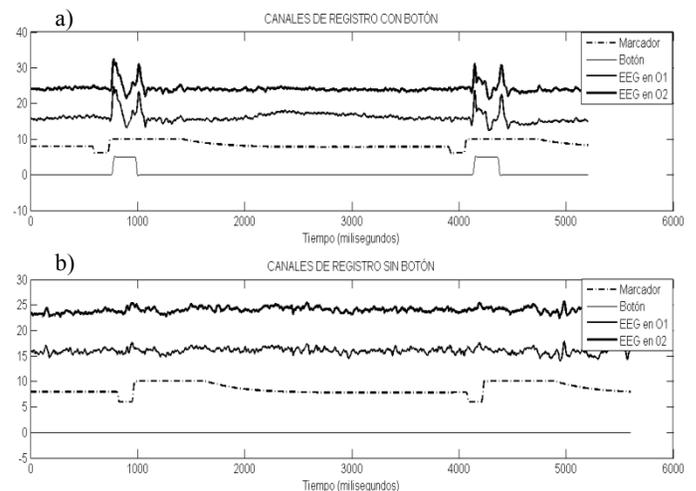


Fig. 2. Registro de PEV: a) canales de registro con botón, b) canales de registro sin botón. Observese que las señales de EEG se ven afectadas debido a la respuesta motora.

En las Figuras 3 y 4 se muestran los resultados de la media sincrónica de hombres durante las pruebas PBN y PRN y durante las pruebas PBS y PRS respectivamente, a intensidad alta e intensidad baja. Como puede observarse, los hombres muestran un patrón bien definido, de donde es posible calcular algunos índices clásicos como son la

latencia del pico máximo (latencia máxima) y la latencia del valle máximo (latencia mínima). Sin embargo, nótese que este patrón no aparece para las mujeres. Esto se debe posiblemente a una incorrecta adquisición de datos provocada por la interferencia del cabello.

De manera similar, las Figuras 5 y 6 muestran la media sincrona de las mujeres durante las pruebas PBN y PRN y, PBS y PRS respectivamente a intensidad alta e intensidad baja. Como se puede observar, no se presenta ningún patrón claro para ninguna de las pruebas a diferencia de lo ocurrido con los hombres.

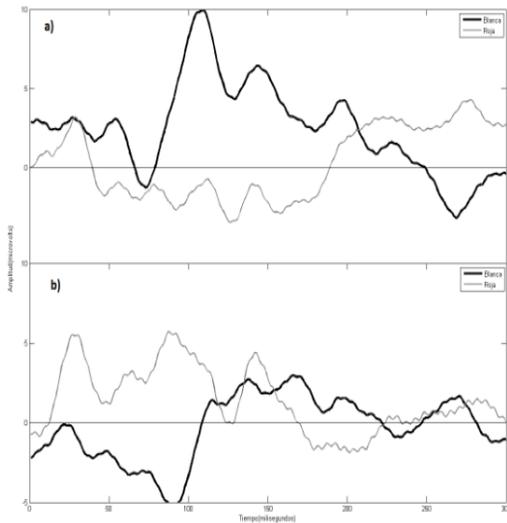


Fig. 3. Media sincrona hombres registros sin botón. a) Intensidad alta, b) intensidad baja.

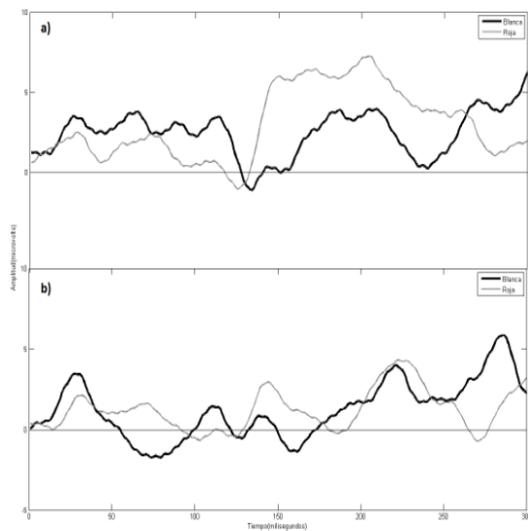


Fig. 5. Media sincrona mujeres registros sin botón. a) Intensidad alta, b) intensidad baja.

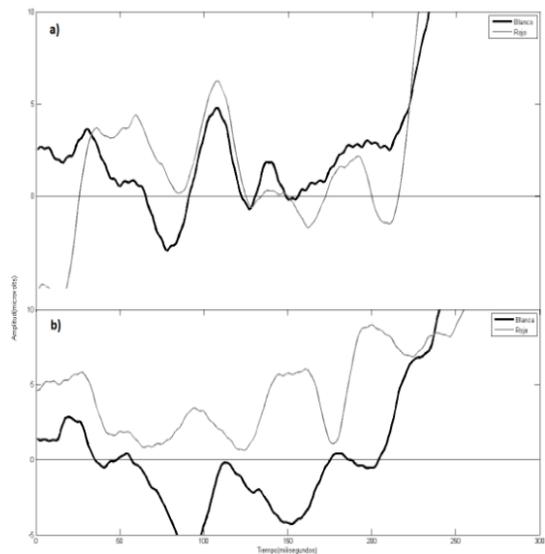


Fig. 4. Media sincrona hombres registros con botón, a) Intensidad alta, b) intensidad baja.

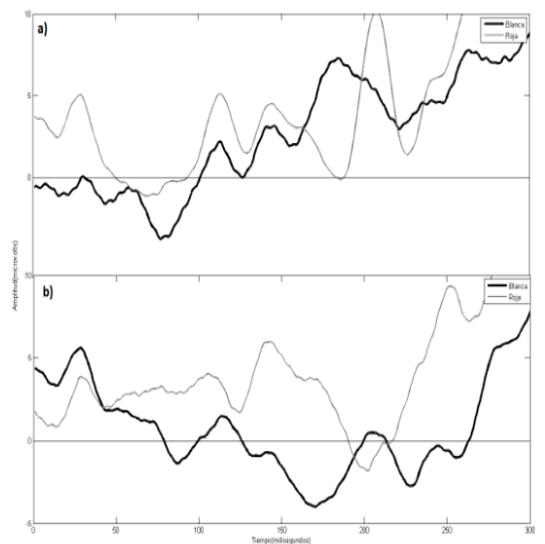


Fig. 4. Media sincrona mujeres registros con botón, a) intensidad alta b) intensidad baja.

#### IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.

En este estudio se evaluó la respuesta del sistema central a estímulos visuales de diferente intensidad y color. Nuestras principales observaciones son: a) Los hombres presentan un patrón de respuesta bien definido a la luz blanca. Sin embargo, las latencias de respuesta dependen de la intensidad de la luz, b) el color rojo parece tener un efecto muy diferente a la luz blanca, el cual parece ser un efecto de reducción de actividad cerebral y c) las mujeres no

presentan ningún patrón bien definido para ningún tipo de color e intensidad, posiblemente debido a problemas en la colocación de los electrodos.

Si suponemos que las diferencias entre las respuestas evocadas en hombres y mujeres no se deben a problemas en la colocación de los electrodos (en el caso de las mujeres), nuestro estudio sugiere que pueden existir diferencias en la constitución funcional retinal o a la forma de procesar la información capturada por el ojo. En cualquier caso, se requiere una investigación más profunda para evaluar la necesidad de desarrollar un sistema de campimetría independiente del género.

Por otra parte, la latencia del patrón de la respuesta cerebral al estímulo visual en hombres, parece diferenciarse entre estímulos de alta intensidad y baja intensidad. Lo cual sugiere, que puede ser posible detectar diferentes niveles de intensidad del estímulo en el EEG. Sin embargo, es necesaria más investigación para poder definir la resolución de la respuesta a diferentes niveles de intensidades. Esto motiva la posibilidad de desarrollar un sistema de campimetría completo basado solo en PEV.

Así mismo, es claro que la respuesta motriz asociada a la pulsación del botón (casos PBS y PRS) es de tal magnitud que opaca la respuesta visual; sin embargo, también presenta una latencia considerablemente mayor, por lo que los primeros 100 o 120 ms de la respuesta visual no se ven seriamente afectados. Esto es interesante ya que permitiría el diseño de un campímetro donde se utilicen ambos tipos de respuesta para incrementar la robustez y confiabilidad del estudio.

Por último, este estudio presenta algunas limitaciones. La primera es el reducido número de sujetos. Para llegar a conclusiones generales es necesario incrementar el número de sujetos. En este estudio sólo se evaluaron dos intensidades de luz, lo cual genera la necesidad de evaluar un rango de intensidades más amplio con fin de valorar de forma cuantitativa el efecto de la intensidad. Otro punto de mejora son los colores dado los resultados obtenidos, se ve la necesidad de evaluar una gama amplia de colores para definir las tonalidades que mejor efecto tienen sobre la respuesta central. Esto con el fin de encontrar la luz ideal para el desarrollo de un campímetro basado el PEV.

En conclusión, se observa que podría ser factible desarrollar un sistema de campimetría de bajo costo basado en la respuesta del EEG. Este tendría como ventajas una posible reducción en el tiempo del examen y la mitigación de la subjetividad provocada por la respuesta del paciente.

## V. BIBLIOGRAFÍA.

- [1]. P Pérez, “Potenciales evocados visuales”, disponible en: <http://www.qvision.es/blogs/pedro-perez/2011/06/potenciales-evocados-visuales>, 2011.  
[2]. J Català, M Castany , “Pruebas

electrofisiológicas, ¿qué, cuándo, cómo y por qué?”, *Annals of Ophthalmology*, vol. 13, pp. 8-29, 2005.

[3]. “Clinical Utility of Evoked Potential”, disponible en: <http://emedicine.medscape.com/article/1137451-overview#aw2aab6b3>.

[4]. R Kothari, P Bokariya, S Singh, R Singh, “Significance of Visual Evoked Potentials in the Assessment of Visual Field Defects in Primary Open-Angle Glaucoma: A Review”, *Neuroscience Journal*, vol. 2013, pp.1-6

[5]. V Odom, M Bach, B Brigell, G Holder, D McCulloch “Visual evoked potentials Standard”. *Doc Ophthalmol*, vol. 120, pp.111–119, 2010.

[6]. B Brigell, M Bach, C Barber, A Moskowitz, J Robson, “Guidelines for calibration of stimulus and recording parameters used in clinical electrophysiology of visión”, *Doc Ophthalmol*, vol. 107, pp.185–193, 2003.

[7]. American Clinical Neurophysiology Society, “Guideline5: guidelines for standard electrode position nomenclature”, *J Clin Neurophysiol*, vol. 23, pp.107–110, 2006. Disponible en : <https://www.acns.org>.

[8]. R Lyons, “Understanding Digital Signal Processing”, *Upper Saddle River, New Jersey*, pp. 411-419, 2004.

[9]. V Gayathri, B Vijayalakshmi, M. Chandrasekhar, “Electro physiological assessment of neuropathy in visual pathway of diabetes mellitus”, *Journal of Diabetology*, pp. 1-4, 2012.

[10]. P Walsh, N Kane, S Butler. “The clinical role of evoked Potentials”, *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, vol. 76, pp16-22, 2005.