



Electrooculograma y test de DEM como métodos de evaluación de los movimientos sacádicos

The electrooculogram and DEM as methods of evaluation of saccadic movemets

Oscar Fabián Solano C.

Estudiante de optometría UAN, sede Bogotá

Ligia Soraya Reyes Clavijo

Docente de optometría UAN, Bogotá



Resumen

El presente estudio tuvo como objetivo determinar si existe relación entre la señal dada por el electrooculograma (EOG) a la lectura del test DEM y el diagnóstico obtenido por este en estudiantes de la Facultad de Optometría de la Universidad Antonio Nariño, bajo un diseño observacional descriptivo de corte transversal en 25 sujetos, a los que se realizó evaluación optométrica, test de DEM y EOG. Se caracterizó la señal electrooculográfica y se comparó con los diagnósticos brindados mediante el test DEM; se hizo un análisis estadístico y de comparación de las señales en los diferentes grupos. La edad promedio fue de 23,2 años; se identificó que el 76% de la muestra presentó conducta T1; el 16% T2 y el 8% T3, con un tiempo promedio de lectura en el Test

C de 32,67 s., una desviación estándar de 5,86 s. Dentro de los resultados de EOG se encontraron picos con amplitudes promedio en los diferentes grupos: T1 0,18 mV; T2 0,15 mV y T3 de 0,28 mV.

Introducción

Los movimientos sacádicos son desplazamientos voluntarios, rápidos y conjugados que permiten fijar una imagen en la fóvea de manera clara y precisa (1,2). Las características de las sacadas dependen de la edad del lector, la dificultad de la lectura y el objetivo de la lectura (3). Por lo tanto, el análisis de los movimientos sacádicos es una herramienta útil para el diagnóstico y seguimiento de disfunciones y/o alteraciones de los movimientos oculares.



La evaluación de estos movimientos se puede realizar mediante diferentes test que pueden indicar si existen o no alteraciones oculomotoras en las sacadas, y poder elegir la conducta ideal ante cualquier disfunción motora. En esta investigación se indica el electrooculograma (EOG) y el test de desarrollo de los movimientos sacádicos (DEM) como los métodos de evaluación de los movimientos sacádicos

El electrooculograma (EOG) es una prueba electrofisiológica que evalúa la variación que se genera en el potencial de quietud del ojo (6 Mv) existente entre la córnea y la retina, este potencial se puede registrar mediante electrodos colocados en la piel cerca del ojo ya que varía durante los movimientos oculares y los cambios de estímulos luminosos al ingresar al polo posterior (2,4,5); además es una prueba que se ha utilizado como apoyo en el diagnóstico de enfermedades como Alzheimer,

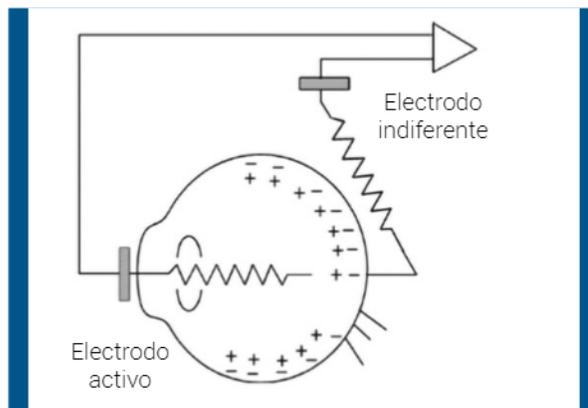


Figura 1. Dipolo eléctrico ocular.

Fuente: Utrubia 1997 (10)

ataxia y enfermedades que afectan la corteza prefrontal entre otras (2,6–9).

El registro se realiza con electrodos dispuestos en las zonas externas de cada ojo, los impulsos eléctricos cambian según los movimientos oculares, y estas señales eléctricas se transforman en ondas (Figura 2).

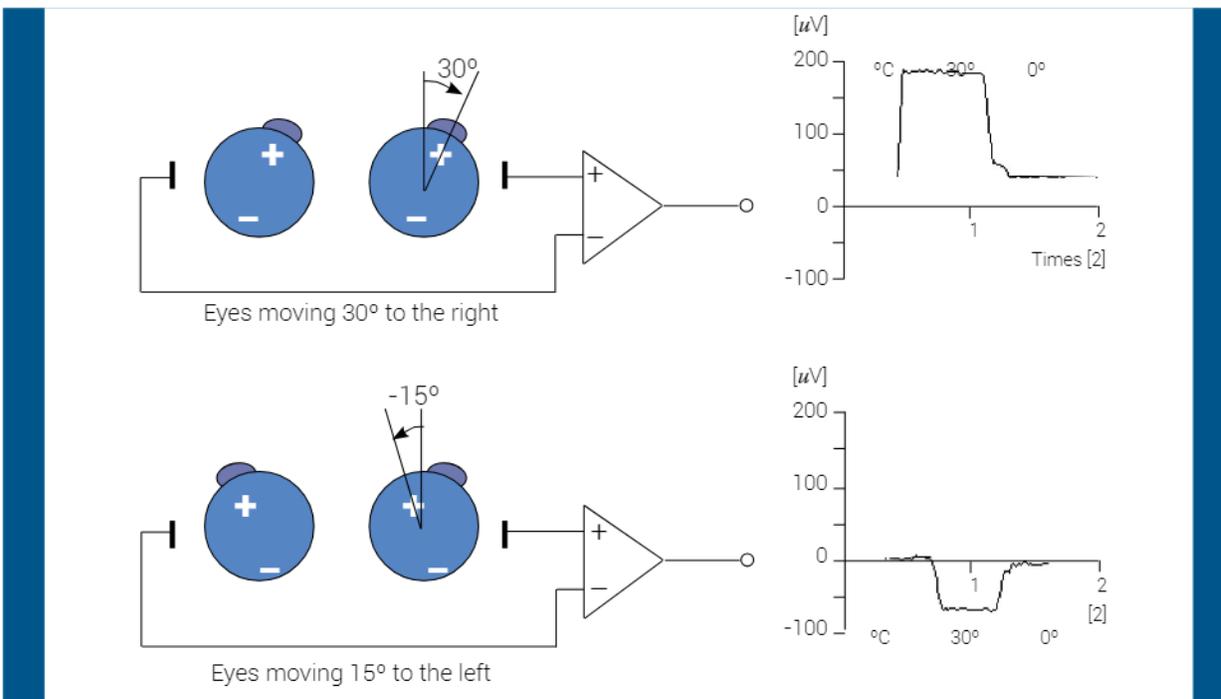


Figura 2. Señal del electrooculograma generada por el movimiento horizontal de los ojos

Fuente: Kherlopian 2006 (11)



El programa usado es el Programa Labchart 7 formato que adquiere, almacena y analiza datos de una señal de entrada sin procesar de manera analógica, cuya amplitud varía continuamente a lo largo del tiempo. El hardware se encarga de monitorear y hacer el control, que se ajustan mediante procesos de amplificación y filtrado que se denomina acondicionamiento de señales.

Este sistema presenta un software denominado Labchart que a partir de los datos genera un esquema de los puntos de los datos digitalizados, reconstruyendo una onda por la unión entre los puntos.

El hardware básico es un PowerLab, mide señales eléctricas desde las entradas en su panel frontal y genera señales de salida y sus capacidades, se amplía a partir de un hardware agregado (Finger Pulse Transducer). El PowerLab 26T, que se utiliza en esta investigación, está diseñado especialmente para experimentos de enseñanza.

Tets de DEM: el segundo test utilizado en este estudio, valora los movimientos sacádicos a través de la lectura de una serie de números; esta prueba presenta cuatro cartillas: Pre- test,

Test A, Test B y el Test C y tiene como función evaluar los movimientos sacádicos en cuanto a su precisión y velocidad. Es un test que valora los movimientos sacádicos a través de la lectura de una serie de números para que no entre en juego la interpretación. Está conformado por tres sub test los cuales recogen información sobre tiempo y número de errores durante la prueba, posteriormente se compara con una tabla de referencia según la edad del paciente (2,12–15).

El evaluador debe contar con un cronómetro y la hoja de evaluación del test donde se anotará edad cronológica en años, desde el último cumpleaños, nivel de escolaridad y/o académico en decimales, colocando también los errores del test y la medición del tiempo. Inicialmente se presenta el pre-test, que permite dar la información al participante de manera adecuada para responder al test. Posteriormente se enseñan los test A y B (tiempo vertical), minimizando la demanda de ojo de manera horizontal. Posterior a la presentación de los dos test anteriores se muestra el test C el cual tiene como función evaluar los movimientos sacádicos en cuanto a su precisión y velocidad (12)

Tabla 1. Forma de cómo se califican los resultados del DEM

Variables	Parámetros de evaluación
Tiempo vertical	Es la suma de los test a y b. Este determina la automaticidad de la habilidad para nombrar números, requiere un nivel de control oculomotor que implica la utilización de la memoria a corto plazo, la atención, y la memorización.
Tiempo horizontal	Es el tiempo empleado en el test C, se debe tener en cuenta el número de errores. Se calcula mediante la siguiente fórmula: Tiempo horizontal =
Razón S: Sustitución. (/) O: Omisión. (0) A: Adición (-) T: Trasposición ()	Se determina al dividir el tiempo horizontal sobre el tiempo vertical. Representa una conveniencia métrica para evaluar el tiempo horizontal y el vertical simultáneamente. Total errores: Es igual a (S + O + A + T errores)

Fuente: A new visual-verbal saccade test; the Developmental Eye Movement test (DEM) (11)



Tabla 2. Forma de cómo se califican los resultados del DEM

Tipo	Características	Diagnostico
Tipo 1	Tiempo vertical, horizontal y la razón son normales.	Paciente normal
Tipo 2	Tiempo vertical normal, horizontal aumentado y razón es alta.	Disfunción oculomotora Entrenamiento visual
Tipo 3	Tiempo vertical y horizontal aumentado. Razón normal	Dificultad en la automaticidad, en la habilidad de nombrar números y sin daño en la motilidad ocular
Tipo 4	Tiempo vertical, horizontal aumentado y la razón es alta.	Combinación de los casos 2 y 3.

Fuente: A new visual-verbal saccade test; the Developmental Eye Movement test (DEM) (13)

El test de DEM busca evaluar la exactitud, precisión y tiempo en el que cada individuo puede fijar un estímulo en cada una de cartillas, compuesta de números, presentada (tabla 1). Así mismo este test puede identificar cuatro tipos de conductas manifestando si existen o no alteraciones motoras que involucran los movimientos oculares (tabla 2).

Metodología

Se diseñó un estudio observacional descriptivo con corte transversal, con el cual se buscó una posible relación de la disfunción o alteración de los movimientos sacádicos de la señal obtenida por el electrooculograma (EOG) y el diagnóstico presentado por el test de desarrollo de los movimientos oculares (DEM). El análisis se realizó por medio de la determinación y comparación de los valores de los parámetros caracterizados de la señal electrooculográfica y los resultados del test de DEM.

Se seleccionaron 35 estudiantes de la Facultad de Optometría de la Universidad Antonio Nariño, que de manera voluntaria participaron del estudio mediante la firma de consentimiento informado, en edades entre los 18 y 30 años; se excluyeron aquellos con alteraciones

motoras a nivel visual (estrabismos), agudeza visual menor a 20/40 en condiciones habituales y problemas cognitivos.

Se realizó el registro de la señal electrooculográfica con el fisiógrafo y su programa Labchart 7 módulo EOG y se colocaron electrodos en zonas faciales específicas (figura 1), de manera simultánea, aplicando el test de DEM en las mismas condiciones para todos los participantes bajo los criterios de Richman. El test de DEM estuvo compuesto por 80 números distribuidos de en 16 líneas de manera horizontal, cada uno compuesto por cinco números. Se le pidió a cada sujeto que se despojara de todos los elementos metálicos y electrónicos que llevaba consigo, para evitar interferencias durante la toma de la señal electrooculografica.

Se filtró la información obtenida del EOG, por medio del programa MATLAB, analizando de manera descriptiva la muestra del estudio, presentando variables continuas mediante promedios y desviación estándar. Para todos los recorridos de las sacadas se determinó amplitud y latencia; en la prueba de DEM se determinó diagnóstico, numero de errores y tiempo y se aplicaron diferencias estadísticas para evaluar diferencias entre los grupos.

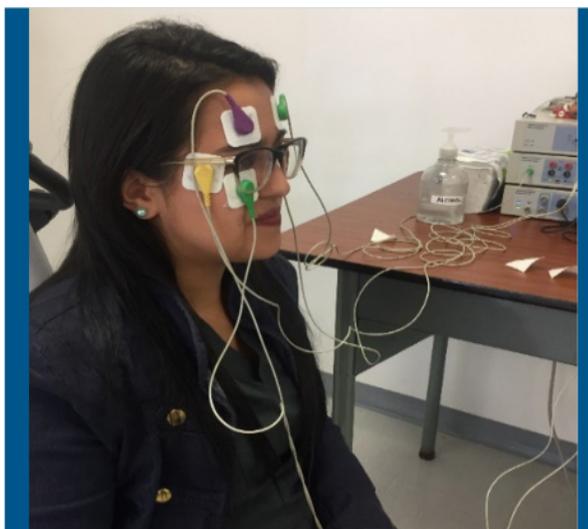


Figura 1. Ubicación de los electrodos para adquirir la señal de los movimientos verticales y horizontales.

Fuente: autor

Resultados

El 72% de los participantes fue mujeres (18 de 25), con un promedio de edad de 23,2 (DE +/- 2,78), sin diferencias significativas. El diagnóstico más frecuente fue encontrado en el 76% de los participantes siendo catalogado como conducta T1, donde el 57,89% estaba en edades entre los 21 – 24 años; el 16% tuvo conducta T2 donde el 50% estaba en edades entre 21 y 24 años; la conducta T3 se presentó en el 8% en edades 20 y 21 años, debido a que solo se presentaron dos casos (mujeres).

En el análisis de los movimientos sacádicos y la comparación de los tres tipos de diagnósticos, se evidencio que las conductas T1, T2 y T3 presentan una amplitud promedio de 0,2 mV, sin diferencias significativas entre los grupos. Se encontró que al ser una prueba asincrónica no es comparable entre sujetos ni grupos, lo que indica que para próximas

investigaciones es adecuado tener el control del tiempo durante la prueba.

Se observó la señal obtenida por el EOG (figuras 2-4), y se analizaron los diagnósticos obtenidos por el DEM, teniendo en cuenta los tiempos y características en cada diagnóstico: T1 paciente normal (figura 2), T2 disfunción oculomotora (figura 3) y dificultad en la automaticidad en la habilidad de nombrar números sin daño en la motilidad ocular (figura 4).

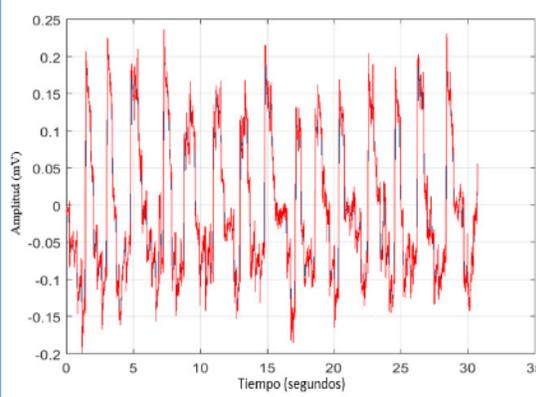


Figura 2. Electrooculograma generado en cada tipo de diagnóstico 1 paciente normal
Fuente: Propia, gráfica de paciente del estudio

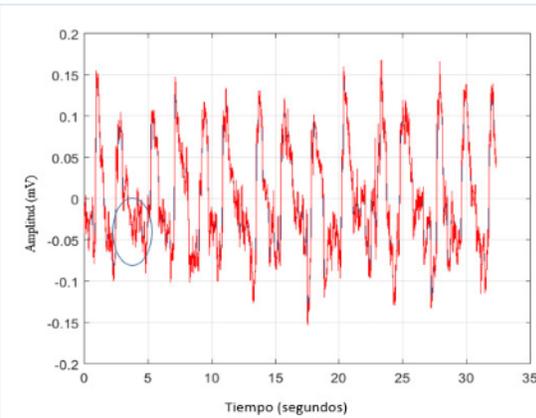


Figura 3. Electrooculograma diagnóstico T2 disfunción oculomotora.
Fuente: Propia, gráfica de paciente del estudio



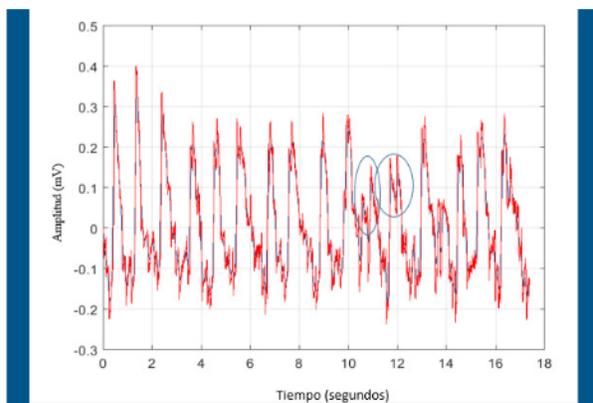


Figura 4. Electrooculograma diagnóstico T3 dificultad en la automaticidad en la habilidad de nombrar números sin daño en la motilidad ocular.

Fuente: Propia, gráfica de paciente del estudio

Por otro lado, se evidenció que la latencia en los tres grupos cambia y es variable, ya que en los T1 realizaron seis sacadas cada cinco segundos, mientras que en los T2 y T3 la latencia fue de cinco sacadas cada cinco segundos, lo que puede mostrar que existe una alteración en la velocidad de las sacadas.

De igual manera, se evidenció que los sujetos diagnosticados T1 presentaron mayor continuidad en la lectura de cada línea, mientras que los sujetos T2 y T3 presentaron saltos con cortes y sin continuidad; todos los sujetos completaron la prueba en tiempos diferentes, sin embargo, la cantidad de errores no fue tan elevada como se esperaba en los diagnósticos T2 y T3. El tiempo más corto fue de 23,52 segundos sin errores y el más largo de la prueba tardó 41,6 segundos sin errores; las sacadas por su parte, se encontraron dentro de intervalos de tiempo correspondientes en los tres grupos con mayor presencia en los T2 y T3

Discusión

El principal problema en la captación de las señales bioeléctricas está dado por su

pequeño valor en comparación con otro tipo de señales eléctricas; estos marcadores son limitados a un rango muy preciso de frecuencia, motivo por el cual se contaminan de ruido de amplitud superior al de la propia señal que se quiere registrar.

Por ello, en este estudio se realiza una programación sistemática para todos los participantes y aunque cada individuo posee una amplitud que varía según sus características visuales y perceptuales, se definieron parámetros que permitieron una estandarización de los datos para generar gráficas comparativas.

Personas con anomalías oculomotoras y con una serie de sintomatología específica frecuentemente presentan dificultades en la lectura y otros problemas de aprendizaje (15, 16); en el grupo estudio, se evidencia una clara presencia de sintomatología en el grupo de pacientes con anomalía oculomotoras, muestran malos hábitos de lectura y dificultad en la comprensión; aunque a mayor edad y mayor nivel académico la coordinación binocular en visión próxima aumenta (1) y madura el ajuste fino en la parte visomotora (17). En este grupo se evidenció que hay sujetos que presentan tiempos verticales y horizontales elevados para su edad y nivel académico, pero, además, son sujetos que según el diagnóstico del DEM presentan alguna dificultad en la automaticidad de nombrar números. Lo anterior tiene relación con lo enunciado por Sampedro et al., 2003 en su estudio en sujetos entre 14 y 68 años en el que evidenció que el aumento del tiempo en las pruebas verticales da indicios de un retraso en la automaticidad y en las habilidades verbales; también indica que a medida que la persona se hace mayor los tiempos de respuesta son más largos, buscando mejor precisión pero con disminución de la velocidad (17).

Así mismo, se halló que en sujetos que presentaron tiempos alterados, alteraciones oculomotoras e incluso en sujetos normales, la correspondencia al estímulo presentado no era preciso; además se halló que las sacadas tenían más de dos cortes, lo que indicó que el salto no se realizaba de manera continua, lo que demuestra que algunos sujetos ejecutaban pequeñas pausas durante el desplazamiento. El enunciado de Pinzón et al. en 2007 que permite decir que las señales electrooculográficas en pacientes con esquizofrenia presentan alteraciones en los movimientos sacádicos, evidenciando que estos pacientes no fijaban el estímulo que corresponde, del mismo modo que las sacadas no se hacían de manera continua sino con pausas durante el movimiento. Indicando que en este trastorno también está acompañado de una alteración oculomotora, anomalía que sirve como indicador para el diagnóstico de la enfermedad (8).

En este estudio se observó que durante la lectura de la cartilla horizontal varios sujetos presentaron movimientos anti sacádicos o correctores, lo que muestra que no había precisión y debían devolver la mirada para rectificar lo leído. Del mismo modo se observa que los sujetos que presentaron mayores equivocaciones en la lectura, reportaron más sacadas correctoras que los sujetos sin errores; sin embargo, en las gráficas del EOG se manifiestan pequeñas señales de regresiones en todos los sujetos.

En el análisis de los movimientos sacádicos y la comparación de los tres tipos de diagnosticados en este estudio se evidencia que los pacientes normales (T1), con alteración oculomotora (T2) y dificultad en la automatización en la habilidad de nombrar números sin daño en la motilidad ocular (T3) presentan una amplitud de la sacada prometido 0,2

Se observó que durante la lectura de la cartilla horizontal varios sujetos presentaron movimientos anti sacádicos o correctores, lo que muestra que no había precisión y debían devolver la mirada para rectificar lo leído.

mV lo que indica que no hay una diferencia significativa en esta característica entre los grupos.

Al utilizar de manera simultánea el EOG y el DEM se puede analizar que ambos test dan información diferente pero que sirven de apoyo uno con el otro para el análisis de los movimientos sacádicos. Por un lado, el EOG muestra las señales de las regresiones que el sujeto presenta de manera visual mas no verbal si realiza pausas durante la lectura, instante en el que se realiza y amplitud de la sacada o anti sacada; mientras que el DEM cuantifica los errores, el tiempo vertical y horizontal, y depende más de la ayuda verbal manifestada por el sujeto. Por lo anterior se podría decir que los análisis en conjunto de las dos pruebas ayudan a determinar con mayor precisión si existe o no una alteración oculomotora

Conclusión

La interpretación de la señal obtenida por el EOG, mientras se realiza el test de DEM, permite evaluar las características de los despla-



zamientos oculares que ocurren durante la lectura y evidenciar otras que no se muestran si se realizan estos test de manera separada; es por ello, que incentivar el uso del electrooculograma como herramienta diagnóstica en anomalías oculomotoras que involucran los movimientos sacádicos se vuelve importante dentro de la consulta optométrica en adultos y jóvenes universitarios, como un factor de comparación de los movimientos oculares en los procesos de lectura y determinante en procesos donde la comprensión lectora presenta variaciones.

Agradecimientos

En este proceso fue relevante el apoyo interdisciplinar recibido por el laboratorio y docentes de áreas biomédicas.

Referencias

1. Zambrano M, Galeano N. Movimientos sacádicos normales en la lectura. Análisis de la literatura. Trabajo de Grado para optar Tit Optom Univ St Tomás. 2016;1–56.
2. Torres F, Chavarra L, Urbina M. Correlación entre la disfunción de los movimientos oculomotores sacádicos de pequeña amplitud y los problemas de lectura en niños de 7 a 9 años de edad del colegio Padre Faustino Miguez. RR Calasancias en el segundo semestre del año lectivo 2016. 2017;
3. Torcal MG. Relación entre los movimientos sacádicos y la comprensión y velocidad lectora. Unir. 2012;
4. Marín DM. Alternativas visuales en pacientes con baja visión. Ciencia y Tecnología para la Salud Visual y Ocular. 2009;7(2):115–28.
5. Garrido E. Los movimientos sacádicos y su influencia en la lectura en Educación Primaria. 2013.
6. Becerra R, Joya G, García R, Velázquez M, Rodríguez R. Procesamiento de registros oculares sacádicos para el diagnóstico clínico de la Ataxia Espinocerebelosa Tipo 2. 2015;(May). IV Encuentro Regional de BioIngeniería. Universidad Central de Las Villas. Cuba
7. Arias D. Caracterización de los movimientos oculares en la Enfermedad de Alzheimer en una muestra colombiana. Univ Nac Colomb Tesis Magíster en Neurociencias. 2016;
8. Pinzón A, León N, Blanco M. Asociación entre la alteración de los movimientos oculares sacádicos y la esquizofrenia: un estudio de casos y controles. Revista Colombiana Psiquiatría. Bogotá, Colombia; 2007.
9. Castillo L, Membreño W. Relación de la función de los movimientos sacádicos y el rendimiento académico en escolares de 7 a 12 años de edad en el Centro Educativo Doris María Morales en el periodo de octubre-noviembre del año 2015 en la Ciudad de Managua. Managua; 2016.
10. Urtubia Vicario, César. Neurobiología de la Visión. Barcelona, Edicions UPC, 1997. ISBN: 84- 8301-356-8
11. Kherlopian, A. R., Gerrein, J. P., Yue, M., Kim, K. E., Kim, J. W., Sukumaran, M., & Sajda, P. (2006, August). Electrooculogram based system for computer control using a multiple feature classification model. In 2006 International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (pp. 1295-1298). IEEE.
12. Facchin A, Maffioletti S, Carnevali T. The Developmental Eye Movement (DEM) Test:

- Normative Data for Italian Population. *Optom Vis Dev.* 2012;43(4):162–79.
- 13 Garzia RP, Richman JE, Nicholson SB, et al. A new visual-verbal saccade test; the Developmental Eye Movement test (DEM). *J Am Optom Assoc* 1990;61:2:124- 135.
 - 14 Durán S. Prevalencia de las disfunciones en los movimientos sacádicos, habilidades perceptuales visuales e integración visomotora en niños emétopes entre seis y siete años de estratos 1 y 2 de la ciudad de Bogotá. *Cien Technol Salud Visual Ocular.* 2013;11(2):13–25.
 - 15 Vargas D, Tovar J. Diagnóstico de movimientos oculomotores realizado a niños de siete a nueve años que presentan problemas de lectura y bajo rendimiento escolar en el Colegio San Bernardo De La Salle de Bogotá. Universidad de la Salle; 2005.
 - 16 Sampedro AG, Richman JE, Pardo MS. The Adult Developmental Eye Movement Test (A-DEM). *J Behav Optom.* 2003;14(4):101–5
 - 17 Rodríguez M, Villamil M, Sánchez M. Diagnóstico sobre las alteraciones de los movimientos oculomotores (MOM), con pruebas de medición subjetiva en niños entre 7 a 9 años con problemas de lectura y bajo rendimiento escolar en dos colegios de Bogotá. *Cienc Technol para la Salud Vis y Ocul.* 2006;6:13–23.

