



Artículo de investigación

## Los movimientos oculares como medida de control ejecutivo en niños con trastorno por déficit de atención con hiperactividad

Eye movements as a measure of executive control in children with Attention Deficit Hyperactivity Disorder

Pedro J. Rosa<sup>1</sup>, Margarita María Castrillón Taba<sup>2\*</sup>, Henry Antonio Castillo Parra<sup>3</sup>,  
Manuela Valencia Piedrahita<sup>3</sup> y Bibiana Solanly Díaz<sup>4</sup>

1 EPCV/ULHT, HEI-LAB: Digital Human-Environment Lab/ULHT, Instituto Universitário de Lisboa (ISCTE-IUL), Cis-IUL, Lisboa, Portugal.

2 Instituto Neurológico de Colombia, Medellín, Colombia.

3 Universidad de San Buenaventura, Medellín, Colombia.

4 Institución Educativa La Colina, Medellín, Colombia.

### Resumen

El Trastorno por Déficit de Atención con Hiperactividad (TDAH) está relacionado con dificultades a nivel de control ejecutivo. Nuevas formas de explorar este constructo contribuyen a la precisión diagnóstica, disminuir la prevalencia y la construcción de un consenso objetivo sobre los criterios del TDAH. El objetivo fue establecer las diferencias en el control ejecutivo de un grupo de niños con TDAH ( $N=22$ ), con respecto al grupo control ( $N=15$ ), de ambos géneros y de entre 7 y 12 años de edad, escolarizados de la ciudad de Medellín, Colombia. Se implementaron tres parámetros oculares: fijaciones, antisacadas y prosacadas, los cuales fueron registrados continuamente en un equipo de rastreo visual (Tobii T120). Los resultados indicaron un menor tiempo para el grupo con TDAH en fijaciones oculares ( $p<.001$ ) que miden control de la interferencia. Un mayor número de errores de dirección en el parámetro antisacadas relacionados con el control inhibitorio. Respecto a las prosacadas, que miden la capacidad para iniciar una respuesta motora, no se encontraron diferencias significativas. Se concluyó que la población con TDAH presenta alteración en el control ejecutivo al utilizar el paradigma de rastreo ocular. Se propusieron, además, los movimientos oculares como posible marcador biológico para detectar una población en riesgo de padecer dicho trastorno.

**Palabras clave:** TDAH, control ejecutivo, fijaciones oculares, antisacadas, prosacadas, marcador biológico

### Abstract

Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD) is related to difficulties at the level of the executive control. New ways of exploring this construct contribute to diagnostic accuracy, decrease the prevalence and build an objective consensus on ADHD criteria. The aim of the study was to establish the differences in the executive control of a group of children with ADHD ( $N=22$ ), with respect to the control group ( $N=15$ ), of both genders and between 7 and 12 years old, attending school in the city of Medellín, Colombia. Three ocular parameters were implemented: fixations, antisaccade, and prosaccades, which were recorded continuously in a visual tracking equipment (Tobii T120). The results indicated a shorter time for the group with ADHD in ocular fixations ( $p<0.001$ ) that measure interference control. A greater number of address errors in the antisaccade parameter related to inhibitory control. Regarding the prosaccades, which measure the capacity to initiate a motor response, no significant differences were found. It was concluded that the population with ADHD presents alteration in the executive control when using the eye tracking paradigm. Eye movements were also proposed as a possible biological marker to detect a population at risk of suffering from this disorder.

**Keywords:** ADHD, executive control, ocular fixation, antisaccades, prosaccades, biological marker

### Introducción

El Trastorno de Déficit de Atención con Hiperactividad (TDAH) es considerado entre los más comunes en la infancia (Moreno, 2017), que se caracteriza por la presencia de conductas de hiperactividad, impulsividad e inatención (American Psychiatric Association, 2013), síntomas que sobresalen en las primeras etapas escolares, pues es allí donde las exigencias a nivel cognitivo y social comienzan a establecerse para lograr una adecuada formación. Muchos niños no logran adaptarse a estos cambios y requerimientos, ya que comienzan a manifestar dichas conductas que obstaculizan el logro de objetivos establecidos en los ámbitos académicos y familiar (Marín-Méndez, Borra-Ruiz, Álvarez-Gómez y Soutullo Esperón, 2017).

Respecto a las estadísticas, se expone variabilidad en su prevalencia (Barrios et al., 2016). Según el DSM V (American Psychiatric Association, 2013), la tasa se encuentra entre el 5% de los niños y el 2,5% de los adultos. En Colombia, diferentes estudios han arrojado cifras entre 15,86% y 16,1%; en comparación con otros países, son porcentajes significativamente altos (Vélez-Álvarez y Vidarte, 2012), datos que se consideran argumentos importantes para justificar la presente investigación.

Existen dificultades para establecer una evaluación y elaborar un diagnóstico que permita asegurar que un niño sufre el trastorno; a pesar de las múltiples investigaciones realizadas mundialmente, aún se encuentran limitantes.

\* Correspondencia: Margarita María Castrillón Taba. Cl. 55 #46-36, Medellín, Antioquia. E-mail: psicologiamct@hotmail.com

En la actualidad aún no se llega a un consenso sobre el TDAH, se discute si existe un sobrediagnóstico o infradiagnóstico, si es excesiva su medicalización, si la información sobre sus repercusiones está bien soportada, o si es solo un tema que lleva a un alarmismo innecesario; igualmente, hay controversias sobre cuál es la especialidad idónea que le corresponde la clínica del trastorno. Estas diferentes posturas no dan vía a una objetividad importante y a una forma adecuada de abordar el trastorno (Lasa-Zulueta y Jorquera-Cuevas, 2010). Por otro lado, el Manual Diagnóstico y Estadístico de los Trastornos Mentales ha sido importante a la hora de evaluar el TDAH, sin embargo, no contribuye a su comprensión causal (Trujillo-Orrego, Pineda y Uribe, 2012). Los criterios diagnósticos establecidos se vuelven pruebas complementarias que no sustituyen la observación clínica (García y Domínguez, 2012). Las anteriores situaciones pueden causar, en algunas ocasiones, que algunos niños sean tratados con medicamentos de forma innecesaria (Autismo Diario, 2012).

Los anteriores argumentos invitan a proponer nuevas formas de evaluar y de entender los diferentes aspectos que conforman el TDAH, como medidas de control y de tratamientos efectivos que permitan mejorar la calidad de quien lo padece y de sus familias. Manifestaciones importantes en el TDAH son las fallas a nivel de control ejecutivo que requieren, entre otras, de tres habilidades complejas:

1. **El control de la interferencia.** Barkley (citado por Orjales, 2000) lo define como la capacidad para ignorar estímulos internos o externos que puedan interferir en un proceso, y que requiere métodos de atención sostenida durante su ejecución.
2. **El control inhibitorio.** Barkley (citado por Ramos-Galarza y Pérez-Salas, 2017) afirma que uno de los factores que compone este aspecto es la capacidad de inhibir respuestas prepotentes o automáticas. Es de aclarar que Barkley y la mayoría de expertos unifican el control de la interferencia y el control inhibitorio como una sola dimensión para entender el TDAH; sin embargo, las tareas oculares que se van a implementar en el presente estudio exigen que se analicen por separado.
3. **La capacidad para iniciar una respuesta motora.** Está estrechamente relacionada con el tiempo de reacción; Orjales (2000) retoma a Barkley, quien afirma que: “Los niños con TDAH parecen esperar hasta el último minuto antes de iniciar acciones encaminadas a prepararse para próximos eventos” (p. 78), sus respuestas pueden ser mediadas por la impulsividad o lentitud.

Respecto a la evaluación clínica del control ejecutivo, Goto et al. (2010), Roberts, Fillmore y Milich (2011), Walecki y Gorzelanczyk (2012), citados por García, Rodríguez, González-Castro, Álvarez y Cueli (2014), exponen que, generalmente, dicha exploración se realiza a través de pruebas neuropsicológicas, estudios de neuroimagen estructural - funcional y tareas de movimientos oculares.

En relación a lo anterior, surgen propuestas en busca de un indicador sensible y específico para el TDAH, donde señalan a los movimientos oculares como un posible marcador biológico (Supèr y Cañete, 2016), que aporte en la precisión del diagnóstico y alerte sobre poblaciones en riesgo de padecer el trastorno (Moreno, 2015). Esta propuesta se fortalece, ya que explicaciones neuroanatómicas establecen que existe un solapamiento entre las áreas cerebrales que están implicadas en el TDAH y en los movimientos oculares, como la corteza prefrontal y los ganglios basales (Matsuo et al., 2015). Es así como los niños con TDAH, al tener dificultad con los movimientos de brazos, piernas y dedos, también son lentos y menos precisos al hacer los movimientos oculares (Mahone, 2011).

Los anteriores planteamientos justifican el origen de la presente investigación, ya que son escasos los estudios realizados en Latinoamérica atendiendo los movimientos oculares para entender dicha patología. Por lo tanto, el objetivo planteado en la presente exploración, es establecer las diferencias en el control ejecutivo del grupo de niños con TDAH con respecto al grupo control, mediante el paradigma de rastreo ocular. Para lograr dicho propósito se utilizan tres tareas oculomotoras: fijaciones, antisacadas y prosacadas oculares.

Respecto a la capacidad para controlar la interferencia, se implementan tareas oculomotoras de fijaciones oculares. Las investigaciones muestran la presencia de movimientos sacádicos intrusivos y desorganizados en el TDAH, es decir, movimientos oculares inapropiados (Rommelse, Van der Stigchel y Sergeant, 2008). Al comparar los dos grupos de niños con TDAH y controles, se han encontrado diferencias estadísticamente significativas en las fijaciones oculares, donde los últimos presentan un peor rendimiento (Loe, Feldman, Yasui y Luna, 2009).

La tarea antisacada permite una medida adecuada de control inhibitorio. En ella se suprimen los movimientos sacádicos reflexivos (Munoz, Armstrong, Hampton y Moore, 2003), los cuales se originan de forma automática ante un evento inesperado (Clark, Boutros y Méndez, 2010), y se deben generar movimientos sacádicos voluntarios (Munoz et al., 2003), que son guiados intencionalmente por el sujeto. Las dificultades a nivel de control inhibitorio que caracteriza al TDAH, se vinculan con rendimientos bajos en este tipo de tareas (Chamorro, 2012), reflejándose un mayor número de errores en los niños con TDAH con respecto a los controles (García et al., 2014; Loe et al., 2009; Mahone, Mostofsky, Lasker, Zee y Denckla, 2009; O'Driscoll et al., 2005). Exploraciones que utilizan técnicas de neuroimagen y la tarea antisacada, sugieren relaciones con el lóbulo frontal del cerebro; los errores en la dirección podrían ser una señal de disfunciones frontales (Escudero, Martínez y León, 2016).

En cuanto a los procesos de iniciación de una respuesta motora, se utiliza la tarea prosacada, donde se deben generar movimientos sacádicos reflexivos (Munoz et al., 2003). Investigaciones exponen que los niños con diagnóstico de TDAH en este tipo de tareas, son más lentos y utilizan un tiempo de reacción menor con respecto a los controles (Loe et al., 2009).

## Metodología

### Participantes

En el estudio participaron un total de 11 niños y 11 niñas del grupo control, 3 niñas y 12 niños con TDAH, con edades comprendidas entre los 7 a 12 años.

### Procedimiento

La muestra se obtuvo de dos instituciones educativas de la ciudad de Medellín, Colombia, de una de ellas se tomó el grupo control y de la otra los niños con diagnóstico.

Firmado el consentimiento informado por parte de los padres de los participantes, se procedió a aplicar las pruebas pertinentes. Atendiendo los criterios de inclusión y exclusión para descartar la presencia de algún trastorno psiquiátrico en el grupo control, se utilizó la entrevista para síndromes psiquiátricos en Niños y Adolescentes: CHIPS (Rooney, Fristad, Weller y Weller, 2001); para confirmar el coeficiente intelectual mayor a 84 el Test de Inteligencia No Verbal: TONI 2 (Brown, Sherbenou y Johnsen, 1995); para confirmar la presencia de los criterios diagnósticos del TDAH, según el DSM-IV: checklist para padres y maestros (American Psychiatric Association, 2000). Por otra parte, se le solicitó a las instituciones educativas y padres de familia la historia clínica correspondiente a cada niño con TDAH, el cual debía estar previamente diagnosticado con TDAH por psiquiatría, y sin la presencia de algún trastorno psiquiátrico, aceptando comorbilidad solo con el trastorno negativista desafiante. Además, para ambos grupos se solicitó historia clínica para descartar la presencia de alteraciones visuales.

La prueba de movimientos oculares se realizó dentro de las instituciones académicas, controlando que las condiciones de ruido, ventilación, iluminación y espacio fueran similares.

### Instrumento

Para la medición de las tres variables de estudio fijación, antisacada y prosacada se tomó como referencia el paradigma propuesto por Klein, Raschke y Brandenbusch (Klein, Raschke y Brandenbusch, 2003). Para tal fin se usaron los siguientes instrumentos:

La generación de estímulos se realizó a través del software Adobe Photoshop CS6, para luego pasarlos en el software Tobii Studio 3.1, en el que se analizaron los datos obtenidos en el equipo de seguimiento ocular.

Equipo de rastreo ocular de referencia Eye Tracking T120, marca Tobii, compuesto por una pantalla de 17 pulgadas, con una latencia máxima de respuesta de 33 milisegundos y una recuperación máxima de rastreo de 8 milisegundos. Dicho equipo registra y analiza en qué áreas fija la persona su atención, por cuánto tiempo y el orden de su exploración visual. Este instrumento es catalogado como no invasivo. Su pantalla proyecta rayos infrarrojos hacia los ojos del participante mientras se observa un estímulo sin necesidad de contacto físico con la persona (Hassan y Herrero, 2007).

Se le presentó a cada participante un video, en el cual apareció en el centro de la pantalla una *cruz*, llamada *punto de fijación (PF)*, con un tamaño de 1,2 grados de ángulo visual (50x50 píxeles), cuya aparición tuvo una duración de 1000 milisegundos (ver Figura 1). Transcurrido dicho tiempo apareció un

estímulo periférico (EP) en forma de una hormiga de tamaño de 50x50 px; dicha aparición se realizó de forma aleatoria a la izquierda o a la derecha del PF sobre el eje central, durante otros 1000 ms (ver Figura 1). El EP se ubicó a 60 cm de distancia con respecto a los ojos del participante. Transcurrido dicho tiempo ambos estímulos desaparecieron, dando fin a ese ensayo (ver Figura 1). Seguidamente, y con un tiempo aleatorizado, comenzó otro ensayo cuando apareció nuevamente el punto de fijación (cruz). En total fueron 28 ensayos consecutivos por cada una de las tres variables de estudio.

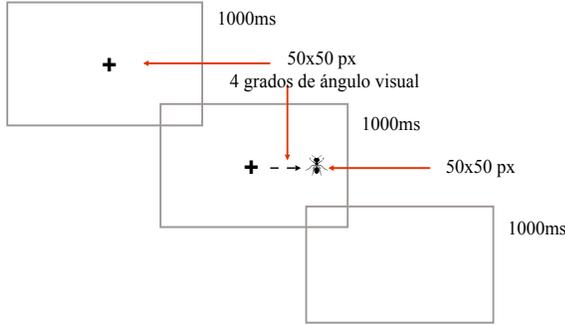


Figura 1. Representación de la secuencia de eventos en cada ensayo

Para la tarea de fijación (ver Figura 2), la instrucción que se dio al participante fue que cuando el PF (cruz) apareciera, mirara fijamente y cuando percibiera la aparición del EP (hormiga), inhibiera su mirada hacia este y continuar atendiendo el PF (cruz).

Para las antisacadas (ver Figura 2 y 3), la instrucción fue diferente: se le pidió al sujeto que en un primer momento atendiera al PF cuando este apareciera; seguidamente, cuando percibiera la aparición del EP, no lo observara, y por el contrario retirara la mirada del PF y dirigirla al lado opuesto de donde apareció el EP, sea a la izquierda o a la derecha, sobre el eje central.

Por último, en las prosacadas (ver Figura 2), la instrucción fue permanecer atendiendo el PF y cuando el EP apareciera, trasladara su mirada inmediatamente hacia este.



Figura 2. Esquematización de las tres tareas de rastreo ocular.

*Interpretación de medidas del Eye Tracking para las variables de estudio*

**Duración de la primera fijación:** según Alzate, Castrillón y Castillo (2015), es la duración de la primera fijación en el área de interés. Esta métrica contribuirá en la interpretación de la primera variable del estudio *fijaciones*. Desde el punto de vista del procesamiento ejecutivo, esta métrica, al dar cuenta del tiempo de duración de la fijación ocular en el PF (cruz), ayuda, entonces, en el análisis de la capacidad del niño para *controlar la interferencia* de estímulos irrelevantes, en este caso periféricos, y su capacidad de controlar y sostener la atención en un periodo largo de tiempo. *A mayor duración de tiempo, mayor rendimiento en la tarea.*

**Conteo de fijaciones:** es el número de veces que el participante fija su mirada en el área de interés (Alzate et al., 2015). Esta métrica contribuye en la interpretación de la segunda variable de estudio, *antisacada* (ver Figura 3). Respecto al control ejecutivo, esta métrica da cuenta del número de fijaciones oculares que tiene el participante en el EP (hormiga), catalogando esto como un *error de dirección*, ya que lo esperado es que mire al lado opuesto de donde aparece dicho estímulo. El valor de esta métrica va encaminado a analizar la capacidad de *control inhibitorio* por parte de cada niño. A mayor número de errores de dirección, peor desempeño en dicha tarea.

**Tiempo para la primera fijación:** definido como el tiempo que se demora un participante en ingresar a un área de interés, dicho tiempo medido en milisegundos (Rosa, Esteves y Arriaga, 2015; Margalhos y Rosa, 2016).

Esta es la métrica indicada para analizar la tercera variable de estudio, *prosacada*. A nivel cognitivo, esta métrica se relaciona con el tiempo que tarda el sujeto para mirar el EP cuando este aparece, y es catalogada para el presente estudio como el *tiempo de reacción*, factor que aporta al análisis de la capacidad que tiene el niño para iniciar una respuesta en el tiempo adecuado, sin estar mediada por la impulsividad o la lentitud.



Figura 3. Experimento antisacada. Imagen de rastreo ocular tomada en el momento del experimento, donde uno de los sujetos realiza una sacada al lado opuesto de donde aparece el estímulo periférico (antisacada). El círculo rojo es la fijación, la línea roja son los movimientos sacádicos en busca del objetivo.

*Preparación de datos y análisis estadístico*

Los datos se organizaron en una base de datos en el software Microsoft Excel versión 2016. Para la comparación de muestras independientes (grupo con diagnóstico de TDAH vs grupo control) se utilizó el estadístico t de Student para variables cuantitativas cuando se cumplieran los criterios de normalidad o el test U de Mann-Whitney cuando los criterios no se cumplieran. Para la comparación de proporciones (variables cualitativas) fue utilizado el teste Chi-cuadrado. Para el respectivo análisis estadístico se utilizó el paquete IBM SPSS Statistics versión 24.0. El nivel de significancia de 0,05 ( $\alpha$ ) fue utilizado para todos los procedimientos estadísticos.

Tabla 1  
Descripción de las características sociodemográficas de los grupos de análisis

	Controles	TDHA	Estadístico de prueba
N(%)	22(59,45)	15(40,54)	
Edad (M±DE)	10,45±1,37	10± 1,51	134,00 <sup>a</sup>
<b>Sexo N(%)</b>			
Mujer	11 (50)	3(20)	3,41 <sup>b</sup>
Hombre	11(50)	12(80)	
<b>Escolaridad N(%)</b>			
Tercero	4(18,2)	5(33,3)	
Cuarto	7(31,8)	6(40)	
Quinto	5(22,7)	2(13,3)	2,53 <sup>b</sup>
Sexto	5(22,7)	2(13,3)	
Séptimo	1(4,5)	0	

Nota: TDHA=Trastorno Déficit de Atención e Hiperactividad; <sup>a</sup>U de Mann Whitney  $p>,05$ ; <sup>b</sup>Chi-Cuadrado de Pearson  $p>,05$

## Resultados

La Tabla 1 muestra las características sociodemográficas de la población estudiada, donde no se encontraron diferencias estadísticamente significativas al comparar la edad ( $U=134,00$ ,  $p>,05$ ), sexo ( $\chi^2=3,41$ ,  $p>,05$ ) y escolaridad ( $\chi^2=2,52$ ,  $p>,05$ ) de los grupos evaluados.

A continuación, la Tabla 2 expone el rendimiento ejecutivo entre el grupo control y los niños con TDAH, donde se encontraron diferencias estadísticamente significativas. Los participantes con diagnóstico de TDAH utilizaron menor tiempo para atender el punto de fijación ( $U=53,00$ ,  $p<,001$ ). Además, el mismo grupo cometió un mayor número de errores de dirección ( $U=84,00$ ,  $p<,01$ ). Con respecto a la variable prosacada no se hallaron diferencias significativas entre los grupos evaluados.

Tabla 2

Comparación del control ejecutivo en el grupo control y grupo con TDHA

	Controles N(%)	TDHA N(%)	Estadístico de prueba
Fijación (Med, RQ) Duración de la fijación	55,87(19,88)	29,18(25,13)	<sup>a</sup> 53,00***
Prosacada (M±DE) Tiempo de reacción	357,96±93,32	350,21±97,53	<sup>b</sup> 0,43
Antisacada (Med, RQ) Errores de dirección	0,00(3,00)	3,00(2,00)	<sup>a</sup> 84,00***

Nota: <sup>a</sup>U de Mann Whitney; <sup>b</sup>T de Student; \*\*\* $p<,01$

Además, se realizaron dos análisis intragrupal: el primero entre los subtipos y el segundo entre los medicados y no medicados del grupo de TDAH. Las puntuaciones entre combinados ( $N=5$ ) e inatentos ( $N=10$ ), no mostraron diferencias estadísticamente significativas para ninguna de las variables de estudio ( $p>,05$ ).

Por su parte, los niños con medicación ejecutaron mejor la tarea de fijación ( $M=37,56$ ,  $DE=14,11$ ), las diferencias fueron estadísticamente significativas ( $t(13)=-2,18$ ,  $p<,05$ ). Ahora bien, con respecto a las antisacadas y prosacadas, no se encontraron diferencias significativas ( $p>,05$ ).

## Discusión

El objetivo del presente estudio es establecer las diferencias en el control ejecutivo del grupo de niños con TDAH con respecto al grupo control, mediante tareas oculares y atencionales con recursos del *eye tracking*. Los hallazgos sugieren que sí se encontraron diferencias estadísticamente significativas a nivel de las fijaciones oculares y antisacadas.

El paradigma de fijación evaluó la capacidad que tiene el niño para controlar distractores y atender estímulos por un tiempo prolongado (atención sostenida). Por lo tanto, entre mayor duración de tiempo de la fijación ocular, mejor rendimiento en esta tarea. En el presente estudio se encontraron diferencias estadísticamente significativas, donde los niños con diagnóstico presentaron tiempos menores en las fijaciones. Al respecto, existió concordancia con lo encontrado por García et al. (2014), quienes exponen que los participantes con TDAH, efectivamente, presentan un mayor número de sacádicos intrusivos que los sujetos de control en la tarea de fijación. Asimismo, confirman lo anterior Loe, Feldman, Yasui y Luna (2009), quienes hallaron diferencias significativas, con una mayor sensibilidad a distractores periféricos por parte de los niños con TDAH.

El objetivo del paradigma antisacada fue evaluar la capacidad de control inhibitorio, las fallas en esta tarea se determinaron como errores en la dirección. Los hallazgos de la presente exploración indicaron diferencias estadísticamente significativas, con un mayor número de errores en promedio por parte de los niños con TDAH. A propósito, los resultados son concordantes con Mostofsky, Lasker, Cutting, Denckla y Zee (2001), quienes encuentran diferencias significativas en esta tarea. Igualmente, Loe et al. (2009) indican un mayor número de errores en la inhibición de respuestas en los niños con TDAH.

En las prosacadas, una correcta ejecución implica tener la capacidad para iniciar una respuesta en el tiempo de reacción adecuada. Esta exploración no encontró diferencias estadísticamente significativas. Resultado similar es el encontrado por Mostofsky et al. (2001), quienes no hallaron diferencias significativas entre ambos grupos. No existe concordancia con los resultados

encontrados por Matsuo et al. (2015), los niños con TDAH presentan tiempos de latencia más extensos que los controles, posiblemente las diferencias están mediadas por el efecto brecha que se presentó en dos condiciones diferentes: en una de ellas el estímulo de fijación permanece constante mientras aparece el estímulo periférico y en la segunda el punto de fijación debe desaparecer cuando aparece el estímulo periférico, condición que no tuvo en cuenta la presente investigación.

El análisis intragrupal entre los subtipos de TDAH combinado e inatento, da cuenta de que no existieron diferencias estadísticamente significativas. Por su parte, Mahone et al. (2009) hallaron que el subtipo inatento es menos preciso en la inhibición de respuestas (antisacadas); sin embargo, las diferencias no son estadísticamente significativas. Por su parte, Chen, Jing y Yang (2010) indican que el subtipo combinado tiene un peor rendimiento en las tareas antisacadas y prosacadas. Los resultados de las investigaciones son variables, por lo tanto, no son concluyentes respecto a los subtipos.

Respecto al impacto de la medicación (metilfenidato), los hallazgos en la presente investigación sugirieron diferencias relevantes en el paradigma de fijaciones, donde los niños no medicados tuvieron menor tiempo atendiendo el punto de fijación. Mientras en prosacadas y antisacadas las diferencias no fueron estadísticamente significativas, pero sí se reportó un peor rendimiento en los niños no medicados. Mostofsky et al. (2001) encuentran que el rendimiento en las tareas antisacadas no mejora en los niños medicados; es de aclarar que estos autores no implementan las tareas de fijación. Es posible que el impacto del metilfenidato depende de la gravedad del trastorno de déficit de atención con hiperactividad.

Dentro de los factores facilitantes de la investigación se resalta la disponibilidad del instrumento *eye tracking* durante la recolección de los datos, además de sus características no invasivas. La limitante de este estudio incluye el tamaño reducido de la muestra, por lo tanto se recomienda ser cauto con los resultados y replicar esta investigación con un número mayor de participantes. Las investigaciones futuras deberían tener en cuenta el análisis por sexo de las tres variables de estudio, ya que en la presente exploración solo hay tres niñas con el diagnóstico de TDAH.

## Conclusión

El grupo con TDAH presenta un menor tiempo de duración en el paradigma de fijación, así como un mayor número de errores de dirección en la tarea antisacádica, concluyendo que existen diferencias estadísticamente significativas y que se presenta una alteración en el control ejecutivo en dos aspectos específicos: en el control de interferencia, que está estrechamente relacionado con fallas en el control atencional sostenido durante períodos de tiempo prolongado; en control inhibitorio, relacionado con procesos de atención selectiva. Al respecto, el tamaño del efecto es mayor en la tarea de fijaciones oculares, lo que podría explicarse por la exigencia en los procesos de atención sostenida bajo la presión del tiempo.

El estudio proporciona contribuciones importantes a la comprensión del TDAH, donde los movimientos oculares se proponen como posibles marcadores biológicos para explorar el control ejecutivo en dicha población. Sin embargo, se sugiere realizar estudios que impliquen la presente temática y la expresión genética en el TDAH, con el fin de que los movimientos oculares puedan convertirse en marcadores sensibles y específicos para el trastorno.

Los hallazgos encontrados llevan a concluir que el uso de *Eye Tracking* para implementar el paradigma de rastreo ocular en esta población, resulta de gran importancia a nivel clínico.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

## Referencias

- Alzate, D., Castrillón, M., & Castillo, H. (2015). Las etiquetas nutricionales: una mirada desde el consumidor. *En-Contexto*, 3(3), 121–140.
- American Psychiatric Association. (2000). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders: DSM-IV* (4th ed.). Washington: American Psychiatric Association.
- American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders: DSM-5*. Arlington, Virginia: American Psychiatric Association.
- Autismo Diario. (2012). El 40% de los casos de hiperactividad en niños son

- diagnosticados de forma errónea. Recuperado de <https://goo.gl/aoV9PK>
- Barrios, O., Matute, E., Ramírez-Dueñas, M., Chamorro, Y., Trejo, S., & Bolaños, L. (2016). Características del trastorno por déficit de atención e hiperactividad en escolares mexicanos de acuerdo con la percepción de los padres. *Suma Psicológica*, 23(2), 101–108. <https://doi.org/10.1016/J.SUMPSI.2016.05.001>
- Brown, L., Sherbenou, R. J., & Johnsen, S. K. (1995). *TONI-2: Test de Inteligencia No Verbal*. Madrid: TEA Ediciones.
- Chamorro, Y. (2012). *Influencia del nivel de lectura y de la escolarización en el control del movimiento ocular sacádico*. (Tesis Maestría en Ciencia del Comportamiento -Orientación Neurociencia). Universidad de Guadalajara, Instituto de Neurociencias, Guadalajara.
- Chen, Q., Jing, L., & Yang, W. (2010). Inhibitory deficits of oculomotor behavior in children with attention deficit hyperactivity disorder. *Chinese Mental Health Journal*, 24, 38–42.
- Clark, D. L., Boutros, N. N., & Méndez, M. (2010). *El cerebro y la conducta: neuroanatomía para psicólogos*. México: Manual Moderno.
- Escudero, I., Martínez, P., & León, J. A. (2016). Los movimientos oculares como herramienta metodológica para el estudio de las dificultades de lectura en niños con TDAH. *Letrónica*, 9(2), 213–225.
- García, J. J., & Domínguez, J. (2012). ¿Existe un sobrediagnóstico del trastorno de déficit de atención e hiperactividad (TDAH)? *Evidencias En Pediatría*, 8(51), 1–5.
- García, T., Rodríguez, C., González-Castro, P., Álvarez, L., & Cueli, M. (2014). La atención y el sacádico: efectos clínicos en el Trastorno por Déficit de Atención con Hiperactividad (TDAH). *Revista Iberoamericana de Psicología Y Salud*, 5(1), 1–21.
- Hassan, Y., & Herrero, V. (2007). Eye-Tracking en Interacción Persona-Ordenador. *No Solo Usabilidad*, (6).
- Klein, C. H., Raschke, A., & Brandenbusch, A. (2003). Development of pro-and antisaccades in children with attention-deficit hyperactivity disorder (ADHD) and healthy controls. *Psychophysiology*, 40(1), 17–28. <https://doi.org/10.1111/1469-8986.00003>
- Lasa-Zulueta, A., & Jorquera-Cuevas, C. (2010). *Evaluación de la situación asistencial y recomendaciones terapéuticas en el trastorno por déficit de atención e hiperactividad*. Vitoria-Gasteiz: Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco.
- Loe, I. M., Feldman, H. M., Yasui, E., & Luna, B. (2009). Oculomotor Performance Identifies Underlying Cognitive Deficits in Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 48(4), 431–440. <https://doi.org/10.1097/CHI.0b013e31819996da>
- Mahone, E. M., Mostofsky, S. H., Lasker, A. G., Zee, D., & Denckla, M. B. (2009). Oculomotor Anomalies in Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: Evidence for Deficits in Response Preparation and Inhibition. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 48(7), 749–756. <https://doi.org/10.1097/CHI.0b013e3181a565f1>
- Mahone, M. (2011). The Effects of ADHD (Beyond Decoding Accuracy) on Reading Fluency and Comprehension. *New Horizons for Learning*, 9(1), 1–12.
- Margalhos, P., & Rosa. P. J. (2016). Eye-tracking as a research methodology in educational context: a bridging framework. In C. A. Was, F. J. Sansosti, B. J. Morris (Eds.) *Eye-Tracking Technology Applications in Educational Research* (pp.1-26). Hershey, Pennsylvania: IGI Global editors. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-1005-5.ch001>
- Marín-Méndez, J. J., Borra-Ruiz, M. C., Álvarez-Gómez, M. J., & Soutullo Esperón, C. (2017). Desarrollo psicomotor y dificultades del aprendizaje en preescolares con probable trastorno por déficit de atención e hiperactividad. Estudio epidemiológico en Navarra y La Rioja. *Neurología*, 32(8), 487–493. <https://doi.org/10.1016/J.NRL.2016.02.009>
- Matsuo, Y., Watanabe, M., Taniike, M., Mohri, I., Kobashi, S., Tachibana, M., ... Kitamura, Y. (2015). Gap Effect Abnormalities during a Visually Guided Pro-Saccade Task in Children with Attention Deficit Hyperactivity Disorder. *PLoS One*, 10(5), e0125573. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0125573>
- Moreno, E. M. (2017). TDAH en niños de edad preescolar. Detección y Atención Temprana. *Publicaciones Didácticas*, (88), 895–899.
- Moreno Guerrero, M. (2015). *Marcadores biológicos en psicopatología*. (Trabajo de grado Psicología). Universidad de Jaén, Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación, Jaén.
- Mostofsky, S. H., Lasker, A. G., Cutting, L. E., Denckla, M. B., & Zee, D. S. (2001). Oculomotor abnormalities in attention deficit hyperactivity disorder: a preliminary study. *Neurology*, 57(3), 423–430. <https://doi.org/10.1212/WNL.57.3.423>
- Munoz, D. P., Armstrong, I. T., Hampton, K. A., & Moore, K. D. (2003). Altered Control of Visual Fixation and Saccadic Eye Movements in Attention-Deficit Hyperactivity Disorder. *Journal of Neurophysiology*, 90(1), 503–514. <https://doi.org/10.1152/jn.00192.2003>
- O'Driscoll, G. A., Dépatie, L., Holahan, A.-L. V., Savion-Lemieux, T., Barr, R. G., Jolicoeur, C., & Douglas, V. I. (2005). Executive Functions and Methylphenidate Response in Subtypes of Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. *Biological Psychiatry*, 57(11), 1452–1460. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2005.02.029>
- Orjales, I. (2000). Déficit de atención con hiperactividad: el modelo híbrido de las funciones ejecutivas de Barkley. *Revista Complutense de Educación*, 11(1), 71–84.
- Ramos-Galarza, C., & Pérez-Salas, C. (2017). Control inhibitorio y monitorización en población infantil con TDAH. *Avances En Psicología Latinoamericana*, 35(1), 117–130. <https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/apl/a.4195>
- Rommelse, N. N. J., Van der Stigchel, S., & Sergeant, J. A. (2008). A review on eye movement studies in childhood and adolescent psychiatry. *Brain and Cognition*, 68(3), 391–414. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2008.08.025>
- Rooney, M. T., Frisad, M. A., Weller, E. B., & Weller, R. A. (2001). *ChIPS: entrevista para síndromes psiquiátricos en niños y adolescentes*. México: Manual Moderno.
- Rosa, P. J., Esteves, F., & Arriaga, P. (2015). Beyond Traditional Clinical Measurements for Screening Fears and Phobias. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 64(12), 3396–3404. <https://doi.org/10.1109/TIM.2015.2450292>
- Supèr, H., & Cañete, J. (2016). Hacia un diagnóstico más objetivo del TDAH: el papel de la Vergencia Ocular. *Revista de Psiquiatría Infanto-Juvenil*, 33(3), 3–12.
- Trujillo-Orrero, N., Pineda, D. A., & Uribe, L. H. (2012). Validez del diagnóstico de trastorno por déficit de atención/hiperactividad: de lo fenomenológico a lo neurobiológico (I). *Revista de Neurología*, 54(5), 289–302.
- Vélez-Álvarez, C., & Vidarte, J. A. (2012). Trastorno por déficit de atención e hiperactividad (TDAH), una problemática a abordar en la política pública de primera infancia en Colombia. *Revista de Salud Pública*, 14(Suppl. 2), 113–128. <https://doi.org/10.1590/S0124-00642012000800010>