

ISSN: 0210-1696

DOI: <https://doi.org/10.14201/scero20225317193>

HACIA UNA HERRAMIENTA DE CRIBADO TEMPRANO DEL TRASTORNO DEL ESPECTRO DEL AUTISMO (TEA)

Towards an Early Screening Tool for Autism Spectrum Disorder (ASD)

Gloria ACEVEDO DÍAZ

Equipo de investigación de ADANSI (Asociación de Familiares y Personas con Autismo de Asturias)

Raquel CAMERO FERNÁNDEZ

Equipo de investigación de ADANSI (Asociación de Familiares y Personas con Autismo de Asturias)

raquelcamero1992@gmail.com

Mónica FERNÁNDEZ PRADA

Equipo de investigación de ADANSI (Asociación de Familiares y Personas con Autismo de Asturias)

Javier de ANDRÉS SUÁREZ

Equipo de investigación HCI del grupo Computational Reflection de la Universidad de Oviedo

Martín GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ

Equipo de investigación HCI del grupo Computational Reflection de la Universidad de Oviedo

Daniel FERNÁNDEZ-LANVIN

Equipo de investigación HCI del grupo Computational Reflection de la Universidad de Oviedo

Recepción: 2 de febrero de 2021

Aceptación: 12 de abril de 2021

RESUMEN: En los últimos años el empleo de la metodología del *eye tracking* ha sido objeto de estudio de diferentes investigaciones en torno a esta técnica como posible medida objetiva para la detección temprana de indicadores de Trastorno del Espectro Autista (TEA). En el presente estudio se ha elaborado un total de 15 vídeos estímulo divididos en cuatro bloques con el objeto de diseñar una prueba objetiva de sencilla y

rápida aplicación, mediante un dispositivo *eye tracker*, que permita realizar una detección objetiva y muy temprana de indicadores de riesgo de desarrollar TEA; para ello se cuenta con una muestra formada por 148 sujetos, 74 sujetos con indicadores clínicos de TEA y 74 sujetos con desarrollo típico. Los resultados confirman que es posible configurar un software que, tras analizar los registros de mirada de un bebé obtenidos con un dispositivo *eye tracker*, nos proporcione automáticamente su probabilidad de presentar un “patrón de mirada de máxima atención al objeto (riesgo de TEA) o un patrón de mirada de recogida de información social (no TEA)”. Con las tareas aquí presentadas, tras analizar la sensibilidad de cada vídeo y cada variable, se han obtenido resultados estadísticamente significativos en cada uno de los vídeos estímulo, por lo que se concluye que la metodología del *eye tracking* con el empleo de los estímulos aquí diseñados puede operar como método de detección objetivo y eficaz de indicadores de alarma de TEA.

PALABRAS CLAVE: *eye tracking*; Trastorno del Espectro del Autismo (TEA); detección precoz; medida objetiva; patrón de mirada.

ABSTRACT: In recent years, eye-tracking methodology technique has been the object of study used in different investigations as a potential objective measure of the diagnosis of ASD. In the present study, a total of 15 stimulus videos have been prepared. These are divided into four blocks to design an objective test with simple and rapid application, by using an eye-tracker device, which allows an early diagnosis of ASD. To do so, we measured a sample made up of 148 subjects, 74 subjects with ASD and 74 with typical development. The results confirm that it is possible to configure a software that, after analysing the gaze records of a baby obtained with an eye-tracker device, automatically provides us with its probability of presenting an “ASD or no ASD Gaze Pattern”. With the tasks presented here, after analysing the sensitivity of each video and each variable, statistically significant results have been obtained in each of the stimulus videos. Based on that output, it can be concluded that the eye-tracking methodology with the use of the stimuli designed here can be used as an objective and effective diagnostic method for ASD.

KEYWORDS: eye tracking; Autism Spectrum Disorder (ASD); early detection; objective measurement; look pattern.

1. Introducción

EL TÉRMINO TRASTORNO DEL ESPECTRO DEL AUTISMO (TEA) hace referencia a un conjunto amplio de condiciones que afectan al neurodesarrollo y al funcionamiento cerebral, dando lugar a dificultades en la comunicación e interacción social, así como en la flexibilidad del pensamiento y de la conducta.

La información visual se procesa en nuestro cerebro de forma diferenciada dependiendo de si lo percibido son cualidades, movimientos de objetos o movimientos corpóreos. La información relativa a objetos circula por dos vías diferenciadas dependiendo del tipo de información procesada (Milner y Goodale, 1995; Jacob y Jeannerod, 2003). El procesamiento de los movimientos corpóreos, también llamados

movimientos biológicos, circula por una vía específica, que ha recibido el mismo nombre que su destino, el surco temporal superior vía STS, donde se han encontrado neuronas especializadas en el procesamiento de los movimientos biológicos y específicamente en el seguimiento de la mirada (Perret *et al.*, 1985). Estudios posteriores han encontrado que estas neuronas solo se activan si la dirección de la mirada está en congruencia con la dirección que el dedo señala y su correcto funcionamiento estará implicado en el desarrollo de la capacidad de atención conjunta (Materna *et al.*, 2008; Jellema *et al.*, 2001, 2002).

Otras líneas de investigación descubrieron la existencia en el surco temporal superior de neuronas auditivas además de neuronas visuales. Se trata de neuronas con competencia específica en el procesamiento de los rasgos fonológicos de la voz humana. Su adecuado funcionamiento tiene especial implicación en el aprendizaje del lenguaje oral (Hickok y Poeppel, 2000, 2007). Los rasgos fonológicos de los fonemas que componen la palabra son procesados por el surco temporal superior (STS) mientras que el procesamiento de los rasgos prosódicos es competencia de la circunvolución temporal superior derecha, GTSd.

El surco temporal superior es la puerta de entrada de la información visual y auditiva verbal al sistema de neuronas espejo (SNE) (Rizzolatti y Fabbri-Destro, 2010), la red neuronal cuya función específica es la de dotarnos de la capacidad de reproducir las secuencias de movimientos biológicos que vemos realizar a otros. Es uno de los primeros sistemas que debe activarse para que los bebés puedan aprender con el adulto, para que puedan reproducir las secuencias de movimientos que los adultos hacen cuando se dirigen a ellos. Es una red implicada en que el bebé adquiera adecuadamente las competencias sociales y comunicativas del primer año de vida (Acevedo, 2020).

La capacidad de atención conjunta es considerada desde la psicología del desarrollo como la capacidad crucial para un adecuado desarrollo comunicativo y social, una capacidad que los bebés desarrollan en el primer año de vida. Se trata de la habilidad de coordinar la atención con la de un interlocutor en relación con un objeto o con un evento de su entorno (Escudero *et al.*, 2013). Para poder mostrar patrones de atención conjunta los cerebros de los bebés deben contar con la capacidad de seguir la mirada de los adultos hacia el objeto que se están refiriendo, es decir, de mirar en la dirección que los adultos miran y poder leer la información que con sus gestos y sonidos estos les transmiten. Pero, además, deben ser capaces de reproducir por sí mismos los movimientos observados, gestos y sonidos, para así poder dirigir al adulto y hacerle saber lo que desean; deben ser capaces de modificar el foco de atención de los adultos hacia otro objeto o evento interesante para ellos. Son estas las competencias para las que se requiere un adecuado funcionamiento de las neuronas del surco temporal superior, y una correcta activación del sistema de neuronas espejo (Acevedo, 2020).

La dificultad para desarrollar la capacidad de atención conjunta ha sido ampliamente consensuada como un importante indicador de alarma en el desarrollo relacionado con el autismo (Osterling y Dawson, 1994; Dawson y Meltzoff, 1998; Rivière, 2001). El signo patognomónico del autismo, incluido ya en la descripción de Leo Kanner (1943), es el contacto ocular limitado, miran fijamente a los objetos, pero raramente dirigen su mirada a la cara de las personas.

Los niños con TEA tienen preservado el circuito de procesamiento de información relativa a objetos, pero está alterado el procesamiento de información relativo a las personas, el procesamiento de las secuencias de movimientos que las personas hacen con cada una de las partes de su cuerpo (Acevedo, 2020). Diferentes estudios que emplean la neuroimagen con sujetos jóvenes y adultos, diagnosticados de autismo, han encontrado anomalías en el STS, relacionadas con una activación anormal durante las tareas sociales y han postulado que si estas se produjeran en el desarrollo temprano podrían constituir el primer paso en la cascada de disfunciones neuronales subyacentes al autismo (Zilbovicius *et al.*, 2006). De producirse tempranamente esta hipofunción del STS, los bebés carecerán de la competencia para leer los gestos de las personas y para mirar en la dirección que su madre mira y su dedo señala; además, tendrán dificultades para procesar los rasgos fonológicos de la voz humana. Los bebés no se girarán hacia sus padres cuando estos les llaman por su nombre, tendrán dificultades para procesar el lenguaje oral y para desarrollar la capacidad de atención conjunta (Acevedo, 2020).

Nuestra hipótesis es que con la metodología del *eye tracking* se podrá registrar, en edades tempranas, si los bebés presentan el patrón de mirada diferente que la disfunción del STS provoca.

La metodología del *eye tracking* ha sido validada por diferentes estudios como una técnica objetiva y especializada en la medición del desarrollo atencional y del seguimiento de mirada (Howard *et al.*, 2019). Ami Klin y su equipo (2009) emplearon la metodología del *eye tracking* para registrar diferencias en el patrón de mirada entre niños de 2 años con desarrollo típico y niños con TEA. Midieron la atención preferencial como porcentaje del tiempo de fijación visual a 4 regiones de interés: ojos, boca, cuerpo y objeto, y concluyeron que los tiempos de mirada a los ojos eran significativamente más bajos en los niños con TEA y significativamente más alto el tiempo de mirada a la boca. Además, la fijación en los ojos de los niños con TEA se correlacionó con su nivel de discapacidad social; una menor fijación en los ojos predijo una mayor disfunción en el desarrollo social.

Estudios posteriores han concluido que los registros de los movimientos oculares y las reacciones hacia estímulos verbales/visuales podrían ser usados como signos de diagnóstico temprano del TEA (Murias *et al.*, 2018; Frazier *et al.*, 2018).

Los niños con TEA, en comparación con niños neurotípicos, pasan mucho menos tiempo atendiendo a áreas relevantes para la comunicación social como son los ojos y la boca (Dalton *et al.*, 2005; Klin *et al.*, 2002; Pelphrey *et al.*, 2002).

Otros estudios han observado que los movimientos oculares en niños con riesgo de TEA entre los seis y nueve meses presentan una duración de fijación de la mirada significativamente menor en comparación con el grupo neurotípico (Wass *et al.*, 2015), los bebés que realizaron fijaciones más cortas fueron posteriormente diagnosticados de TEA a los 36 meses de edad. Así mismo, los niños de dos años diagnosticados de TEA mostraban mayor preferencia en fijar su atención en figuras geométricas que en rostros humanos (Shic *et al.*, 2014).

Los niños con TEA parecen tener un patrón de mirada diferente a los niños con desarrollo típico; encontrar y registrar las bases de este patrón diferente de mirada nos

permitirá realizar detecciones precoces, fundamentales a la hora de intervenir tempranamente con niños con TEA.

El objetivo final de este estudio es el diseño de una prueba objetiva de fácil y rápida aplicación, mediante un dispositivo *eye tracker*, que permita medir patrones de mirada diferentes entre bebés con desarrollo típico y bebés con riesgo de TEA, para discriminar y expresar en términos de probabilidad el riesgo de padecer o no el trastorno y la probabilidad de presentar o no la hipofuncionalidad del STS y falta de activación del SNE que desde la neurociencia se postula como trastorno nuclear del autismo. El objetivo final es el diseño de una prueba de cribado para la detección temprana de indicadores de riesgo de TEA.

Las hipótesis que se formulan son: (1) los niños con indicadores de alarma de TEA muestran menor atención a las personas que a los objetos, en relación con su grupo de edad; (2) los niños con indicadores de alarma de TEA hacen menos intercambios de mirada de recogida de información social que los niños con desarrollo típico, en relación con su grupo de edad; (3) los niños con indicadores de alarma de TEA no miran en la dirección que el adulto mira y tampoco en la dirección que su dedo señala, lo que sí es claramente observable en el bebé de desarrollo típico desde los 9 meses de edad; (4) los niños con indicadores de alarma de TEA no miran a la boca del adulto cuando este emite combinaciones de sonidos lingüísticos, lo que sí es claramente observable en el bebé de desarrollo típico desde los 9 meses de edad; y (5) los niños con indicadores de alarma de TEA no presentan latencias más largas a la hora de orientar su atención hacia la fuente social que emite un patrón prosódico concreto.

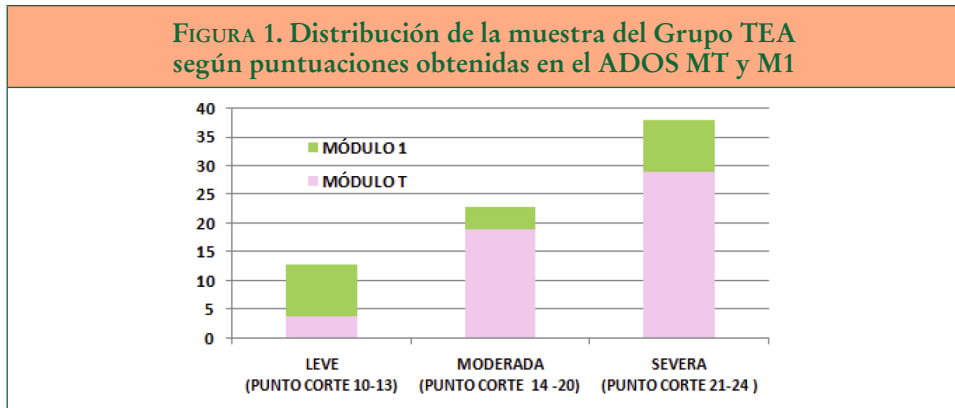
2. Método

2.1. Participantes

La muestra está formada por 148 sujetos: 74 sujetos con diagnóstico clínico de TEA emparejados cada uno de ellos con 74 sujetos con desarrollo típico, del grupo control. A la muestra se le aplicaron las siguientes baterías de pruebas: PY-BL-R Escala de desarrollo psicomotor de la primera infancia Brunet Lezine, con ella se obtendrá la edad de desarrollo global, de cada niño y de cada niña, que se ha utilizado como criterio de emparejamiento para obtener la homogeneidad entre los grupos de muestra; la escala de observación para el diagnóstico de Autismo-ADOS 2 (Módulo T y Módulo 1), y además los cuestionarios estandarizados MCHAT- ASQ:3 - CSBS-DP - Registro de datos del desarrollo y Cuestionario del Sueño de Bruni, que rellenaban las familias vía online.

El grupo TEA está formado, en su mayoría, por niños que ya han recibido un primer diagnóstico clínico de sospecha de TEA en los servicios de Neuropediatría, de Salud Mental o de las Unidades de Atención Temprana, y que son derivados al Servicio de Valoración y Diagnóstico de ADANSI (Asociación de Familiares y Personas con Autismo de Asturias). Otros han sido valorados por petición familiar o derivados por centros privados dentro del programa de detección precoz de ADANSI. La asignación

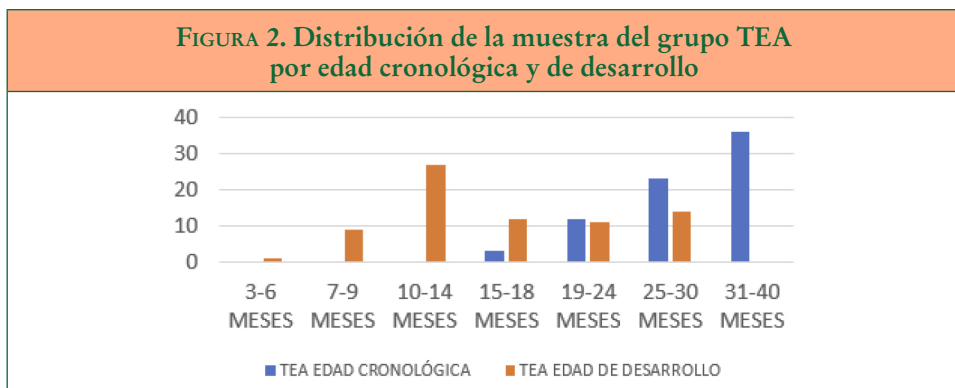
de los sujetos al grupo TEA está avalada no solo por criterios de diagnóstico clínico, sino por criterios objetivos: todos los sujetos del grupo TEA han obtenido puntuaciones por encima de la línea de corte en la Escala de Observación para el Diagnóstico de Autismo ADOS 2 en base a su edad, con rango de preocupación Moderado-Severo en el Módulo T y puntuación de Corte de Autismo en el Módulo 1 (ver Figura 1).

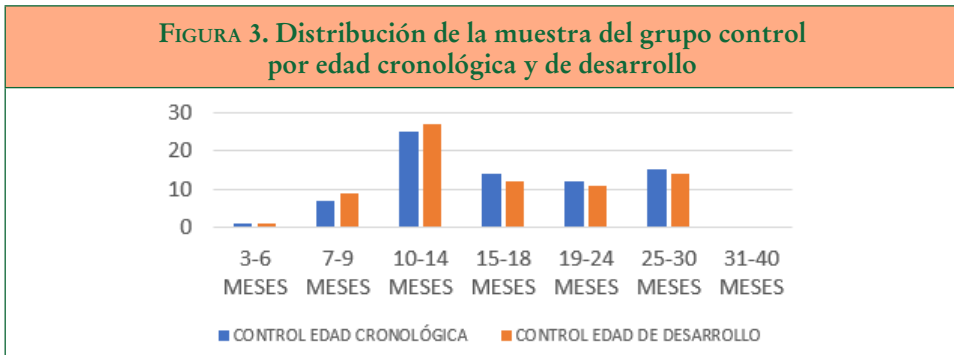


Los niños que conforman el grupo control han sido derivados de diferentes escuelas infantiles dentro del territorio en el que se ha llevado a cabo el experimento.

Los padres o tutores legales de los participantes firmaron un consentimiento informado para formalizar su participación y asegurar la confidencialidad de los datos requeridos.

Las edades de la muestra están comprendidas entre los 6 y los 36 meses de edad cronológica y entre los 6 meses y los 30 meses de edad de desarrollo (ver Figuras 2 y 3).





2.2. Procedimiento

Una vez realizada la valoración clínica y aplicada la batería de pruebas seleccionadas para el proyecto, se procede al análisis objetivo de mirada mediante metodología *eye tracking*. Para la consecución de las cinco hipótesis anteriormente planteadas se diseñaron un total de 15 vídeos distribuidos en 4 bloques diferentes, en función del objetivo perseguido.

Para el registro del seguimiento visual se empleó el dispositivo eye tracker Tobii Spectrum 600 Hz; en cada uno de los vídeos se trazaron las diferentes áreas de interés (AOI) (ver Figura 4), son las zonas del vídeo delimitadas que se definen como variables para su medición. Su trazado se realiza con el software Tobii Pro Lab.



Los participantes se situaban o bien en el regazo de su progenitor o en una silla, frente a un monitor de 16” y relación de aspecto panorámico 16:9 en una habitación oscura e insonorizada.

Su centro de visión se alineó con el centro del monitor, a una distancia de 60 cm entre el ojo y el monitor. Una vez situado el participante, se procedió a realizar una calibración de 5 puntos mediante dibujos animados coloridos y atrayentes.

2.3. Medidas

Para la confirmación de cada hipótesis se ha confeccionado un grupo de vídeos específicamente diseñados para provocar los patrones de mirada objetivo. Cada bloque de vídeos se ha etiquetado con el número de la hipótesis objetivo.

Para la confirmación de la hipótesis (1) se han confeccionado los vídeos del bloque 1. El bloque 1 consta de cuatro vídeos que registran el patrón de mirada a la cara, al objeto y a la presentación simultánea de la cara y el objeto.

En el vídeo 1 aparece la faz de una mujer en primer plano, gesticulando y empleando las características del habla dirigida a los niños (HDN). Tras ello, aparece una secuencia de globos rojos que se deslizan en diagonal de izquierda a derecha por la pantalla. Por último, aparece en el lado derecho la cara de la mujer, que continúa gesticulando y empleando HDN, y en el lado izquierdo de la pantalla los globos siguen apareciendo y deslizándose de izquierda a derecha. Las AOI que se han marcado son la boca, los ojos y los globos. Como elemento distractor se han señalado los pendientes de la mujer.

En el vídeo 2 aparece en el lado izquierdo de la pantalla una mujer representando la canción infantil de *Palmas, palmitas*; en el lado derecho de la pantalla aparece un muñeco con movimiento en un punto fijo. Las áreas de interés son la boca, los ojos, las manos de la mujer y el muñeco. Aparecen de nuevo los pendientes de la mujer como elemento distractor.

En el vídeo 3 aparece en el lado derecho de la pantalla un busto de hombre que representa la canción infantil *Cinco lobitos*; a la izquierda aparece una rueda de colores que gira sobre sí misma en un punto fijo de la pantalla. Las AOI son la boca, la mano y los ojos del hombre y la rueda giratoria.

Las variables a analizar en este primer bloque son el número de fijaciones y el tiempo de fijación a las diferentes AOI.

Para la confirmación de la hipótesis (2) se han confeccionado los vídeos del bloque 2. El bloque 2 consta de tres vídeos, que registran los patrones de recogida de información, es decir, los diferentes intercambios de mirada que realiza el sujeto entre dos áreas de interés diferenciadas.

En el vídeo 4 aparece en el lado izquierdo de la pantalla una mujer que va articulando una secuencia de números del 1 al 8; estos números aparecen dibujados en el lado derecho de la pantalla y van apareciendo según la mujer los va pronunciado. Las AOI son la boca, los ojos, los números y los pendientes de la mujer como elemento distractor.

En el vídeo 5 aparece en el centro de la pantalla una mujer sentada tras una mesa; sobre ella se encuentra un juguete con cuatro pulsadores que al accionarlos abren unas ventanas en las que aparecen diferentes animales. La mujer activa los pulsadores, a la

vez que verbaliza el nombre de los animales y gesticula con su cara. Se busca reproducir la situación real de interacción niño-adulto con este juguete. Las AOI son la boca, los ojos, el juguete y los pendientes de la mujer como elemento distractor.

En el vídeo 6 aparece una mujer sentada tras una mesa. Sobre ella, a la izquierda de la mujer, se encuentra un recipiente con tres bolas de colores y a su izquierda, la rampa por la que irá deslizándose cada una de las bolas. La mujer coge las bolas una a una y las lanza por la rampa, a la vez que interacciona verbal y gestualmente con el espectador y marca el patrón rítmico de caída de las diferentes bolas. En este vídeo se busca también reproducir la situación real de interacción niño-adulto con el juguete. Las AOI son la boca, los ojos, las bolas y los pendientes de la mujer como elemento distractor.

Las variables a analizar en este segundo bloque de vídeos son el número de fijaciones y el tiempo de fijación a las diferentes AOI. Así mismo se analizará el número de intercambios de mirada que realiza el sujeto, estas pueden ser entre ojos-boca, ojos-objeto o boca-objeto.

Para la confirmación de la hipótesis (3) se han confeccionado los vídeos del bloque 3. El bloque 3 consta de cuatro vídeos, en los que se registra el patrón de seguimiento de mirada; tratan de medir si los sujetos son capaces de seguir las trayectorias de mirada, es decir, mirar en la misma dirección que los diferentes actores que aparecen en los vídeos y en dirección a lo que su dedo señala (seguimiento del gesto deíctico).

El vídeo 7 se trata de un estímulo de aprendizaje, previo a la presentación del vídeo 8, en el que se ejecuta la tarea en sí. Aparece una mujer que saluda con una exclamación y un gesto exagerado de los ojos. La mujer mira y señala con su dedo índice hacia el vértice derecho superior de la pantalla, a la vez que articula “mira”, a continuación, aparece un gif sonoro (dibujo animado). Esta escena se repite tres veces más en cada uno de los vértices de la pantalla. Las AOI son los ojos, la boca, el dedo de la mujer y el dibujo animado.

El vídeo 8 tiene la misma mecánica que el anterior, pero se incluye un tiempo de espera desde que la mujer verbaliza “mira” y aparece el dibujo animado, con este tiempo se pretende medir si el sujeto es capaz de anticipar en qué zona de la pantalla va a aparecer el dibujo animado, según lo señalado por la actriz. Las AOI son la boca, los ojos y el dedo de la mujer, el gif sonoro, las áreas vacías de la pantalla (áreas de acierto) antes de aparecer el gif (tfvacía1, 2, 3 y 4) y los espacios de la pantalla donde no aparece estímulo ninguno (las áreas error enumeradas como: tferrortfvacía1, 2, 3 y 4).

En el vídeo 9 aparece una mujer que mueve el iris de sus ojos, a la vez que articula “mira”, por diferentes puntos de la pantalla donde aparecen diferentes gifs sonoros (dibujos animados). Existen un total de cinco repeticiones, cambiando la dirección de la mirada hacia diferentes puntos de la pantalla. Las AOI son la boca y los ojos de la mujer y el gif sonoro.

En el vídeo 10 aparece en el lado izquierdo de la pantalla una mujer que saluda y exagera sus gestos, para llamar la atención sobre sus ojos, a la vez que gira su mirada y su cabeza hacia el lado derecho de la pantalla; existe un tiempo de espera para comprobar si el sujeto es capaz de seguir la dirección de la mirada y de la cabeza de la

mujer, tras ello aparece un estímulo objeto (un perro). Las AOI son la boca, los ojos y el perro.

Las variables a analizar en este último bloque de vídeos son, al igual que en los casos anteriores, el número y el tiempo de fijación en las diferentes AOI, así como el número de intercambios.

Para la confirmación de la hipótesis (4) se ha construido el bloque 4, que consta de un total de cinco vídeos con la misma estructura, cada uno de los vídeos comienza con una pantalla azul, un color neutro que no influye en la pupila del niño. Entonces, aparece un pseudoobjeto (objeto inexistente creado únicamente para la tarea), que se mueve por la pantalla, saluda al niño y se queda quieto durante dos segundos en el centro de la pantalla. Al permanecer quieto aparece una cara femenina que pregunta “¿Qué es eso?” con una entonación de alegría y sorpresa, al cabo de un segundo dicha cara pronuncia el nombre del pseudoobjeto (una pseudopalabra).

Al oírse la última sílaba de la palabra, desaparecerá el dibujo del pseudoobjeto, quedando en la pantalla tan solo la cara, que dice con gesto de sorpresa: “Se ha ido” y “¿Cómo se llamaba? ¡Llámallo!”. La mujer desaparece y tras dos segundos reaparece en el centro de la pantalla el pseudoobjeto. Se seleccionó un conjunto de cinco pseudopalabras, extraídas de la lista de ítems de la prueba MEMOFON (Mariscal y Gallego, 2013): Muz, Norba, Sina, Pamul y Gapata. Las AOI son cuatro: la boca y los ojos de la mujer, la boca en el momento de pronunciación de la pseudopalabra y el pseudoobjeto.

Las variables aquí estudiadas son el tiempo y el número de fijaciones en las diferentes AOI, y se incluye una variable de atención a la palabra hablada, se trata de una variable binaria (sí o no), en cuanto a si el sujeto fija su atención en la boca en el momento de escucha de la pseudopalabra, atendiendo así a la información fonológicamente relevante.

Por último, para la confirmación de la hipótesis (5), en la primera escena de los vídeos 7 y 9 se ha introducido una exclamación prosódica (¡eh!, ¡mira!) para dirigir la atención de los sujetos hacia unas determinadas AOI, concretamente, los ojos y la boca de la mujer. La variable aquí estudiada es el tiempo de reacción (TR), es decir, el tiempo que tardan en dirigir su mirada a la cara de la mujer (AOI) en respuesta al patrón prosódico escuchado.

2.4. *Análisis estadístico*

La herramienta estadística elegida para la comparación es la regresión logística (logit) binaria, con un procedimiento previo de selección de variables por pasos hacia atrás. El elevado número de variables en alguno de los vídeos en relación con el tamaño de muestra disponible desaconseja en un principio la utilización de herramientas computacionales más complejas, procedentes del campo del aprendizaje automático o *machine learning*, que requieren un alto número de parámetros a estimar en cada modelo.

También en relación con este aspecto, es necesario comentar que, en el caso particular del vídeo 8, el elevado número de variables medidas (29) impide la convergencia del algoritmo de estimación por máxima verosimilitud, lo que hizo necesaria la aplicación de un filtrado previo consistente en eliminar aquellas variables para las que en una prueba t de diferencia de medias el valor crítico superaba el 10 %.

Para estudiar la comparación de la eficacia clasificadora de los diferentes modelos se realizó mediante la estimación de las curvas ROC (Receiver Operating Characteristic - Característica Operativa del Receptor) de cada regresión. La curva ROC es una representación gráfica de la sensibilidad frente a la especificidad para un sistema clasificador binario según se varía el umbral de discriminación (en este caso el punto de corte en la probabilidad estimada por los modelos logit). Otra interpretación de este gráfico es la representación de la ratio de verdaderos positivos (True Positive Rate - TPR) o sensibilidad en el eje Y frente a la ratio de falsos positivos (False Positive Rate - FPR) o especificidad en el eje X, también según se varía el umbral de discriminación.

Una vez construidas las curvas ROC para cada modelo, se utilizó como estadístico para la comparación el área bajo la curva ROC, comúnmente llamado AUC (Area Under Curve - Área Bajo la Curva). Cuanto más se aproxime a 1 mayor será el poder clasificador del modelo analizado. El uso de esta medida es habitual en los trabajos científicos sobre aprendizaje automático.

Para el análisis estadístico del bloque 4 entre los grupos TEA y no TEA ha sido necesario considerar, en primer lugar, que las variables medidas son de dos tipos: dicotómicas o binarias (NFPSEUDOPALABRA) o numéricas (todas las demás). Para estas últimas se realizó una prueba t de diferencia de medias de una cola para muestras emparejadas (se considera una cola ya que puede formularse la hipótesis de que los valores de fijación serán mayores para el grupo no TEA).

Para el análisis de las diferencias en los tiempos de reacción a los patrones prosódicos se empleó, así mismo, la prueba t de diferencia de medidas de cola.

3. Resultados

En la Tabla 1 se detallan las variables incluidas en los modelos de regresión logística estimados para cada uno de los vídeos. Para cada una de las variables se indica, entre paréntesis, el signo de su coeficiente en la función logística y el valor p asociado al estadístico z (contraste de significatividad del coeficiente). Es necesario tener en cuenta que para la estimación de las funciones se ha asignado el valor 1 a la categoría TEA y el valor 0 a la no TEA, así que valores altos en cada una de las variables con coeficiente positivo implican mayor probabilidad de TEA y viceversa.

TABLA 1. Variables incluidas en los modelos de regresión logística estimados para cada uno de los vídeos						
Vídeo	VARIABLES					
Vídeo 1	nfojos (-) <0,001	nfboca (-) <0,001	tfglobos (+) <0,001			
Vídeo 2	nfboca (-) <0,001	nfmano (+) 0,017	Nfojos (-) <0,001	tfmano (-) 0,041	nfmuña (+) 0,021	
Vídeo 3	nfboca (-) 0,001	tfrueda (-) 0,016	Nfojos (-) 0,033	nfrueda (+) <0,001		
Vídeo 4	tfnumero (+) 0,001	tfojos (-) 0,036	npendiente (-) 0,001	niojoboca (-) 0,048	tfboca (-) 0,028	
Vídeo 5	nibocaobjeto (-) 0,001	niojoboca (-) 0,001	niojoobjeto (-) 0,036			
Vídeo 6	niojoboca (-) 0,004	nibocaobjeto (-) 0,003	niojoobjeto (-) <0,001	tfojos (-) 0,006		
Vídeo 7	tfojos (+) 0,051	nfboca (-) 0,035	nidedodibu (-) 0,002	nfojos (-) 0,002	niojodedo (-) 0,067	tfdedo (+) 0,099
Vídeo 8	tferror (-) <0,001	niojodedo (-) 0,055	niojodibu (-) 0,001	niojoboca (-) <0,001	tfvacio4 (+) 0,002	
Vídeo 9	tfboca (+) 0,078					
Vídeo 10	nibocaperro (-) 0,020	nfperro (+) 0,064	Tfperro (-) 0,004	niojoperro (-) <0,001		

Así mismo, se ha hecho un análisis comparativo para conocer cuál de los vídeos tiene mayor poder clasificador a la hora de establecer un indicador de alarma de TEA. En la Tabla 2 se recogen los valores estadísticos AUC obtenidos para los modelos logit estimados para todos los vídeos (cuanto más se aproxime a 1 mayor será el poder clasificador del modelo analizado).

TABLA 2. Valores AUC para los diferentes vídeos	
Vídeo	AUC
1	0,8742
2	0,8073
3	0,8080
4	0,9212
5	0,7954
6	0,8022
7	0,7536
8	0,8458
9	0,5283
10	0,7825

En cuanto al bloque 1, en el vídeo 1 se observan diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos en cuanto al número de fijaciones en ojos y boca y en el tiempo de fijación en los globos. El grupo control fija su atención en mayor medida en los ojos y en la boca, y el grupo TEA muestra una preferencia atencional en los globos. En la Figura 5 se pueden observar las diferencias de mirada que vemos objetivadas con el análisis estadístico.



En el vídeo 2, encontramos diferencias estadísticamente significativas entre los grupos, en el número de fijaciones a los ojos, la boca y al muñeco, y en el tiempo y

número de fijaciones a la mano. El grupo control muestra predilección atencional por los ojos y la boca y el grupo TEA por la mano que se mueve y el muñeco.

En el vídeo 3 existen diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos, en el número de fijaciones a la boca, a los ojos y a la rueda y en el tiempo de fijación a la rueda. En este caso la variable con coeficiente positivo es la rueda, por tanto, el grupo TEA muestra un mayor número de fijaciones en esta variable, por otro lado, los sujetos del grupo control muestran un mayor número de fijaciones a la boca y a los ojos.

Para este bloque el vídeo más significativo y con mayor poder diferenciador entre TEA y no TEA ha sido el vídeo 1 (ver Tabla 2).

En cuanto a los resultados del bloque 2, en el vídeo 4 se han obtenido resultados estadísticamente significativos en el tiempo de fijación en los números, en los ojos, en la boca y en los pendientes, así como en el número de intercambios en los ojos y la boca.

Los resultados apuntan que los sujetos del grupo TEA presentan un mayor tiempo de fijación en los números. Los resultados confirman también, al igual que en los vídeos anteriores, como variables diferenciadoras de TEA y no TEA el tiempo de fijación en ojos y boca, mucho menor en el grupo TEA. Los resultados, tanto de la prueba de regresión logística como la prueba T, apuntan que también es significativa la variable de número de intercambios entre los ojos y la boca (nfojoboca), siendo en el grupo TEA significativamente menor. El AOI distractor (pendientes de la mujer) también aparece como variable significativa en el número de fijaciones, curiosamente el grupo control realiza un mayor número de fijaciones a esta área.

En el vídeo 5, se han obtenido resultados estadísticamente significativos en las variables de número de intercambios entre boca-objeto, ojo-boca y ojo-objeto. El grupo control realiza un mayor número de intercambios de mirada que el grupo TEA entre dichas áreas de interés.

En el vídeo 6, se han obtenido resultados estadísticamente significativos en las variables de número de intercambios entre ojo-boca, boca-objeto y ojo-objeto y en el tiempo de fijación en los ojos. Los sujetos del grupo control realizan un mayor número de intercambios y pasan más tiempo mirando a los ojos en comparación con el grupo TEA.

Para este bloque el vídeo más significativo y con mayor poder diferenciador entre TEA y no TEA ha sido el vídeo 4 (ver Tabla 2).

En cuanto a los resultados obtenidos en el bloque 3, en el vídeo 7, obtenemos resultados significativos en el tiempo de fijación en los ojos y en el dedo; los sujetos con TEA miran más a los ojos y al dedo en este vídeo, quedando fijos en ello, sin realizar la trayectoria de mirada adecuada ni el seguimiento visual. Se obtienen también resultados estadísticamente significativos en el número de fijaciones a la boca y a los ojos por parte del grupo control y del número de intercambios entre el dedo-dibujos y ojos-dedo; el grupo control, con su mirada, busca continuamente la referencia social durante el vídeo.

En el vídeo 8, los sujetos del grupo control realizan de manera significativa más intercambios de mirada en comparación con el grupo TEA, concretamente realizan

mayor número de intercambios entre ojo-dedo, ojo-dibujo animado y entre ojos-boca. Por otro lado, el grupo TEA acierta un mayor número de veces de forma significativa en mirar al área vacía que señala la actriz, concretamente en el ensayo número 4 (*tfvacío4*). En cambio, el grupo control se equivoca un número superior de veces, dando como significativa la variable *tferror*.

En el vídeo 9, se ha obtenido tan solo una variable estadísticamente significativa, el tiempo de fijación en la boca, en este caso, el grupo TEA mira significativamente más tiempo a la boca en comparación con el grupo control.

En el último vídeo del bloque, el 10, se han obtenido resultados en concordancia con los vídeos anteriores, los niños con desarrollo típico realizan de manera significativa un mayor número de intercambios, en este caso entre la boca-perro y ojos-perro. Así mismo, miran más tiempo al perro cuando la actriz vuelve la mirada hacia él. En cambio, el grupo TEA realiza un mayor número de fijaciones en el perro cuando no existe referencia social.

Dentro de este último bloque, el vídeo con más significación y que tiene un mayor poder clasificador entre TEA y no TEA es el vídeo número 8 (ver Tabla 2).

En el bloque 4, los resultados del análisis empírico han confirmado que el grado de asociación entre la fijación o no en las pseudopalabras y la característica TEA es muy alto. Una de las pruebas utilizadas, el test Chi-cuadrado, indica que el grado de asociación es significativo a cualquier nivel que se establezca, y el estadístico Phi de Cramer, cuyo valor absoluto oscila entre 0 y 1, indica una correlación muy significativa en todos los casos (ver Tabla 3).

TABLA 3. Resultados del test Chi-cuadrado y el estadístico Phi de Cramer

	Pseudopalabra 1	Pseudopalabra 2	Pseudopalabra 3	Pseudopalabra 4	Pseudopalabra 5
Chi-cuadrado de Pearson	128.8875 ($p < 0.001$)	107.2899 ($p < 0.001$)	140.1081 ($p < 0.001$)	125.3392 ($p < 0.001$)	121.8808 ($p < 0.001$)
Phi de Cramer	-0.9332	-0.8514	-0.9730	-0.9203	-0.9075

Es especialmente destacable el caso de la pseudopalabra 3 (ver Tabla 4), para la cual la asociación con la característica TEA es casi perfecta (solo 1 de los casos TEA tiene fijación y solo uno de los no TEA no la tiene).

TABLA 4. Número de fijaciones de la muestra TEA y no TEA en la pseudopalabra del vídeo 3 y los resultados del test Chi-cuadrado y el estadístico Phi de Cramer, cuyo valor absoluto oscila entre 0 y 1

Fijación en la pseudopalabra 3			
Fijación	NO TEA	TEA	Total
No	1	73	74
Sí	73	1	74
Total	74	74	148
Chi-cuadrado de Pearson = 140.1081 ($p < 0.001$)			
Phi de Cramer = -0.9720			

En la Figura 6 se puede observar lo que el análisis de datos nos da como significativo, la diferencia de mirada durante la pronunciación de una de las pseudopalabras en ambos grupos. El grupo control atiende a la forma fonológica de la pseudopalabra, fijando su atención en la boca de la actriz, mientras que el grupo TEA fija su atención en mayor medida en el pseudoobjeto, obviando la información lingüísticamente relevante que aporta la boca.



Por último, el análisis de los tiempos de reacción registrados en la primera escena de los vídeos 7 y 9, los análisis estadísticos indican que como se esperaba las diferencias no son estadísticamente significativas en cuanto a la atención a los rasgos prosódicos del habla, ni en el tiempo de reacción de los sujetos a atender a la fuente sonora de lenguaje (Tabla 5).

TABLA 5. Prueba t para medir el tiempo de reacción		
	V7_TR	V8_TR
Prueba t 1 cola muestras empar	0,0987	0,0574
Media no TEA	0,7086	0,6514
Desv. estándar no TEA	0,58894706	0,88796387
Media TEA	0,5862	1,3913
Desv. estándar TEA	0,47904524	3,76825159

4. Discusión

El seguimiento visual, medido y objetivado mediante la tecnología *eye tracking*, está siendo objeto de estudio de un gran número de investigadores en los últimos años, con el fin de mostrar su eficacia a la hora de otorgar una medida objetiva temprana de alarma de TEA. Las implicaciones de detectar precozmente indicadores de riesgo se traducirían en la posibilidad de realizar una intervención realmente temprana, que permita aminorar los efectos del TEA en el desarrollo y que significaría una amplia mejora en la calidad de vida de estos niños y de sus familias. Los resultados obtenidos en el presente estudio se encaminan a ratificar la metodología de *eye tracking* como una herramienta eficaz para detectar indicadores de alarma temprana de TEA. Aunque no se debe perder de vista la importancia de establecer unas tareas que, presentadas mediante un dispositivo *eye tracker*, sean sensibles a la hora de discriminar y diferenciar entre TEA y desarrollo típico. El objetivo de este estudio, además de discernir acerca de la eficacia de la metodología *eye tracking* como herramienta objetiva para la detección temprana de indicadores de alarma de TEA, ha tratado de diseñar las tareas más sensibles a la hora de establecer un diagnóstico fiable.

Los resultados del bloque 1 confirman nuestra hipótesis (1) y van en la línea de lo propuesto por estudios anteriores: los niños con indicadores de alarma de autismo muestran menor atención a estímulos sociales (movimientos biológicos) que a los físicos (objetos), es decir, muestran menos atención a las personas que a los objetos (Jones *et al.*, 2008; Shic *et al.*, 2014). Del mismo modo, coincidimos con lo expuesto por Wass *et al.* (2015) en su estudio, los niños con TEA muestran una duración de sus fijaciones de mirada mucho menor que los niños con desarrollo típico.

Dentro de los resultados encontrados en el bloque 2, en cada uno de los vídeos el número de intercambios ojo-boca se repite como variable con alto valor de significación, siendo de baja frecuencia en el grupo TEA y alta en el grupo control.

Los niños con desarrollo típico atienden en gran medida a la cara humana y recogen información social de los ojos e información fonético-fonológica de la boca, de ahí que realicen un rastreo de intercambio continuo entre ojos y boca (Dalton *et al.*, 2005; Pelphrey *et al.*, 2002). De igual modo, el resto de las trayectorias de

intercambios de mirada (ojo-objeto, boca-objeto) obtienen una significación de baja frecuencia en el grupo TEA. Lo que nos confirma que los niños con TEA muestran dificultades en las trayectorias de mirada de recogida de información social y verbal, fundamentales a la hora de escanear y establecer aprendizaje de las diferentes escenas de interacción social.

En definitiva, podemos aceptar la hipótesis (2), los niños con indicadores de alarma de autismo realizan menos intercambios de mirada de recogida de información social que los niños con desarrollo típico.

Los resultados obtenidos en el bloque 3 de vídeos recogen como variables altamente significativas el número de intercambios ojo-dedo y el número de intercambios dedo-dibujo; realizando los niños del grupo control significativamente más intercambios de mirada de este tipo respecto al grupo TEA. La trayectoria de intercambios ojo-dedo supone el rastreo esperable con un buen funcionamiento del STS en un patrón de desarrollo típico, con base en la necesidad de búsqueda de congruencia entre la dirección del ojo que mira y el dedo que señala (Jellema *et al.*, 2001, 2002; Perret *et al.*, 1989).

El patrón de escaneo social por parte de los sujetos del grupo control parece ser claro gracias a la medida de intercambio de mirada entre el referente objeto y la fuente de información social, en cambio los niños del grupo TEA, durante la ejecución de estos vídeos, especialmente en el vídeo 8, parecen quedarse fijos en los ojos de la actriz sin realizar un movimiento de ojos sincrónico, es decir, no son capaces de seguir conjuntamente el iris del ojo hacia la dirección a la que mira. En cambio, llama la atención que obtenemos diferencias significativas en la variable *tfvacio4*, es decir, los sujetos del grupo TEA acertaron en el ensayo número 4 la dirección en la que iba a aparecer el dibujo.

Esto puede ser debido a un error metodológico a la hora de diseñar los vídeos, ya que los niños con desarrollo típico han fallado más la tarea en sí debido a que buscan con su mirada en mayor medida a su referente social (cara de la mujer) y no tratan de realizar la tarea de búsqueda de dibujo animado. En cambio, los niños del grupo TEA no realizan este intercambio de mirada hacia el referente social y sí aciertan en el intento 4, mirando en la dirección hacia donde va a aparecer el dibujo, por tanto, ha servido para evidenciar que estos niños no son capaces de realizar el rastreo de búsqueda de información social, pero sí poseen una capacidad para la retención de secuencias visuales de imágenes y objetos.

Los vídeos 7 y 8 han permitido aceptar la hipótesis 3, los niños y las niñas con indicadores de alarma de TEA no miran en la dirección que el adulto mira y el dedo señala.

En el vídeo 9 obtenemos tan solo como significativa la variable de tiempo de fijación en la boca por parte del grupo TEA, evidencia un déficit de mirada por parte de estos sujetos a los ojos humanos, sin embargo, no logramos dejar constancia del seguimiento del ojo durante la tarea.

De esta forma, no podemos aceptar este vídeo como válido para registrar los patrones de mirada buscados en esta hipótesis (3); el diseño de este vídeo se debe revisar

para futuras investigaciones en esta línea, ya que han demostrado tener un buen potencial diagnóstico.

En el último vídeo de este bloque, el vídeo 10, se ha pretendido registrar la lectura del giro completo de cabeza además de los ojos como gesto indicador. La variable número de intercambios entre los ojos y el perro que aparece (*niojoperro*) es significativamente menor en el grupo TEA, miran al perro cuando este aparece, pero no en respuesta a la información social que el gesto de la mujer ofrece.

También se ha podido evidenciar lo que planteaban Wass *et al.* (2015) en su estudio, los tiempos de fijación en los objetos estáticos son más cortos en los sujetos del grupo TEA, ya que se fijan en mayor medida en el objeto (*nfperro*), pero el tiempo de fijación en el mismo es estadísticamente inferior en comparación con el grupo control (*tfperro*): aunque los niños del grupo TEA muestran mayor interés en atender a objetos que a personas, la duración de sus fijaciones es más corta.

Los resultados encontrados en el bloque 4 de vídeos nos permiten confirmar nuestra hipótesis (4), los niños con indicadores de alarma de TEA no miran a la boca cuando el adulto emite una palabra asociada a un referente concreto. Debido a la alta significación hallada en el análisis estadístico, podemos afirmar que la ausencia de registros de fijación de mirada en la boca justo en el momento que emite una palabra nueva será un indicador temprano de alarma de TEA. Estas medidas eran la objetivación de uno de los indicadores clínicos tempranos de alarma del TEA: la falta de respuesta al nombre.

Por otro lado, gracias al diseño y análisis de estos estímulos hemos observado el patrón de desarrollo de mirada atencional en relación con la adquisición del lenguaje; coincidimos de esta forma con lo que han afirmado estudios anteriores (Tenenbaum *et al.*, 2014; Lewkowicz y Hansen-Tift, 2012); los niños con desarrollo típico muestran una preferencia de mirada a los ojos, pero cuando se hace una referencia léxica (damos etiqueta a un referente) o, lo que es lo mismo, cuando están interesados en aprender lenguaje, pasan a atender más a la boca ya que son dependientes de atender a las claves fonológicas que nos aporta la atención a la boca. En cambio, los niños del grupo TEA parecen no presentar este patrón de desarrollo de mirada, ya que tienen muchas dificultades para atender al lenguaje oral. Esto se traduce en la alta tasa de niños con TEA que no desarrollan lenguaje oral o presentan un lenguaje alterado. Esto parece indicar una disfunción en el STS, también en el grupo de neuronas con competencia específica en el procesamiento de los rasgos fonológicos de la voz humana.

Por último, los resultados de los tiempos de reacción recogidos en los vídeos 7 y 8 nos permiten confirmar nuestra hipótesis (5) ya que por el momento no se han encontrado diferencias estadísticamente significativas. Los patrones melódicos son recibidos de forma adecuado por los niños TEA.

Los niños con indicadores de alarma de autismo buscan con la mirada la cara del adulto cuando este emite producciones orales rítmicas, musicales u onomatopéyicas, igual que los niños con desarrollo típico desde los cuatro meses de edad.

En definitiva, los resultados encontrados en el presente estudio ponen de manifiesto y han logrado objetivar la existencia de un patrón de mirada diferente y una falta de respuesta al lenguaje oral en los niños del grupo TEA. Estos niños presentan un

mayor número de fijaciones en los objetos en comparación con los ojos y la boca; además, no son capaces de realizar trayectorias de mirada de recogida de información social, hecho que evidenciamos con el estudio de la variable de número de intercambios entre los ojos y la boca. Y, por otro lado, no realizan la recogida de información de la fuente de producción oral, no miran a la boca de la persona en el momento en el que emite formatos lingüísticos, pero sí cuando emiten producciones onomatopéyicas.

Estos resultados han permitido objetivar la presencia de la hipofunción del STS desde edades tempranas que distintas líneas de investigación vienen postulando como trastorno nuclear del autismo (Pelphrey *et al.*, 2005; Zilbovicius *et al.*, 2006).

Todo ello apunta a la fiabilidad de las medidas de seguimiento visual a la hora de detectar precozmente a niños con alto riesgo de presentar un trastorno del espectro del autismo. Estos indicadores pueden ser recogidos de manera objetiva mediante un dispositivo *eye tracker*, que nos emita un resultado en forma de pronóstico (TEA, no TEA). Los análisis empíricos aquí realizados han confirmado el poder clasificador de nuestros vídeos, especialmente de los vídeos 1 (del bloque 1), 4 (del bloque 2) y los últimos 5 del bloque 4, estímulos fundamentales a la hora de obtener resultados para un posible cribado temprano.

El fin último de este estudio es crear y configurar un software que, tras recoger los registros de mirada de un bebé, nos diera automáticamente su probabilidad de presentar un “patrón de mirada TEA o no TEA”.

Para lograr diseñar un modelo con el máximo poder clasificador se precisa dar continuidad al proyecto; es necesario no solo contar con una muestra de tamaño mayor en los grupos aquí analizados, sino compararlo también con otros trastornos del neurodesarrollo. De esta manera contaríamos con una prueba objetiva de detección temprana de indicadores de riesgo del trastorno del espectro del autismo, convirtiéndose en la primera prueba objetiva de cribado temprano de TEA.

5. Conclusión

Uno de los objetivos principales de los profesionales y servicios de atención especializada para las personas con TEA siempre ha sido lograr la detección precoz. Ser conocedores de los últimos avances en neurociencia acerca de la disfunción temprana del surco temporal superior, que provoca una deficiente activación del sistema de neuronas espejo, da cuenta de la importancia que tiene dirigir recursos y esfuerzos a buscar indicadores objetivos tempranos que nos permitan actuar de manera precoz, para lograr aminorar sus efectos en el desarrollo de los niños con TEA (Acevedo, 2020).

Uno de los primeros indicadores de la disfunción del STS será un patrón de mirada diferente, que implica una atención máxima al objeto y una ausencia de trayectorias de recogida de información social; en este estudio se ha objetivado este patrón de mirada como característico en el grupo TEA.

Cabe destacar los beneficios del uso del *eye tracking* como metodología de detección temprana de este patrón de mirada diferente, ya que es una técnica de sencillo

manejo, rápida aplicación y nada invasiva para los bebés. Dichos beneficios y el alto poder clasificador de los vídeos estímulo aquí analizados son puertas de entrada a su utilización como prueba de cribado temprano de indicadores de alarma de TEA.

En definitiva, se ha demostrado el alto poder clasificador del procedimiento aquí presentado, mediante el uso de la metodología *eye tracking*, para realizar la detección precoz de indicadores de alarma; su margen de error es aún elevado: por cada diez niños examinados podríamos emitir dos falsos positivos y un falso negativo. Lograr un tamaño de muestra mayor posiblemente permitirá aumentar la probabilidad de acierto. Ello se está teniendo en cuenta en los nuevos estudios que el equipo de investigación ha puesto en marcha para dar continuidad al proyecto y conseguir aumentar la validez de los resultados.

6. Referencias bibliográficas

- ACEVEDO, G. (2020). *Sobre el cerebro autista. Procedimiento de actuación temprana para niños y niñas con patrón de mirada diferente*. Nieva ediciones.
- ADANSI. (2021). *Proyecto “Cómo mira tu bebé”*. Recuperado de <https://adansi.es/>
- DALTON, K. M., NACEWICZ, B. M., JOHNSTONE, T., SCHAEFER, H. S., GERNSBACHER, M. A., GOLDSMITH, H. H., ALEXANDER, A. L. y DAVIDSON, R. J. (2005). Gaze fixation and the neural circuitry of face processing in autism. *Nature Neuroscience*, 8(4), 519-526. <https://doi.org/10.1038/nrn1421>
- DAWSON, G., MELTZOFF, A. N., OSTERLING, J. y RINALDI, J. (1998). Neuropsychological correlates of early symptoms of autism. *Child Development*, 69(5), 1276-1285. <https://doi.org/10.2307/1132265>
- DAWSON, G., MELTZOFF, A. N., OSTERLING, J., RINALDI, J. y BROWN, E. (1998). Children with autism fail to orient to naturally occurring social stimuli. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 28(6), 479-485. <https://doi.org/10.1023/a:1026043926488>
- ESCUDERO, A. J., CARRANZA, J. A. y HUESCAR, E. (2013). Aparición y desarrollo de la Atención Conjunta en la infancia. *Anales de Psicología*, 29(2), 404-412. <https://doi.org/10.6018/analesps.29.2.136871>
- FRAZIER, T. W., KLINGEMIER, E. W., PARIKH, S., SPEER, L., STRAUSS, M. S., ENG, C., HARDAN, A. Y. y YOUNGSTROM, E. A. (2018). Development and validation of objective and quantitative Eye Tracking-based measures of autism risk and symptom levels. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 57(11), 858-866. <https://doi.org/10.1016/j.jaac.2018.06.023>
- HICKOK, G. y POEPEL, D. (2000). Towards a functional neuroanatomy of speech perception. *Trends Cognitive Sciences*, 4(4), 131-138. [https://doi.org/10.1016/s1364-6613\(00\)01463-7](https://doi.org/10.1016/s1364-6613(00)01463-7)
- HICKOK, G. y POEPEL, D. (2007). The cortical organization of speech processing. *Nature Reviews Neuroscience*, 8(5), 393-402. <https://doi.org/10.1038/nrn2113>
- HOWARD, P. L., ZHANG, L. y BENSON, V. (2019). What can eye movements tell us about subtle cognitive processing differences in autism? *Vision (Basel)*, 3(2), 22. <https://doi.org/10.3390/vision3020022>
- JACOB, P. y JEANNEROD, M. (2003). *Ways of seeing: the scope and limits of visual cognition*. Oxford Cognitive Science Series.

- JELLEMA, T., BAKER, C. I., WICKER, B. y PERRETT, D. I. (2000). Neural representation for the perception of the intentionality of actions. *Brain and Cognition*, 44(2), 280-302. <https://doi.org/10.1006/brcg.2000.1231>
- KLIN, A., JONES, W., SCHULTZ, R., VOLKMAR, F. y COHEN, D. (2002). Visual fixation patterns during viewing of naturalistic social situations as predictors of social competence in individuals with autism. *Archives of General Psychiatry*, 59(9), 809-816. <https://doi.org/10.1001/archpsyc.59.9.809>
- KLIN, A., LIN, D. J., GORRINDO, P., RAMSAY, G. y JONES, W. (2009). Two-year-olds with autism orient to non-social contingencies rather than biological motion. *Nature*, 459(7244), 257-261. <https://doi.org/10.1038/nature07868>
- LEWKOWICZ, D. J. y HANSEN-TIFT, A. M. (2012). Infants deploy selective attention to the mouth of a talking face when learning speech. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(5), 1431-1436. <https://doi.org/10.1073/pnas.1114783109>
- LORD, C., RUTTER, M., DiLAFORE, P. C., RISI, S., GOTHAM, K. y BISHOP, S. L. (2013). *Autism Diagnostic Observation Schedule, Second Edition (ADOS-2) Manual (Part I): Modules 1-4*. Western Psychological Services. [Spanish version: LORD, C., RUTTER, M., DiLAFORE, P. C., RISI, S., GOTHAM, K., BISHOP, S. L., LUYSER, R. J. y GUTHRIE, W. (2015). *Escala de Observación para el Diagnóstico del Autismo. ADOS-2. TEA*].
- MARISCAL, S. y GALLEGO, C. (2013). La imitación como herramienta para investigar y evaluar el desarrollo lingüístico temprano: un estudio piloto de repetición de palabras y pseudopalabras. *Revista de Investigación en Logopedia*, 3(1), 53-75.
- MATERNA, S., DICKE, P. W. y THIER, P. (2008). Dissociable roles of the superior temporal sulcus and the intraparietal sulcus in joint attention: a functional magnetic resonance imaging study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20(1), 108-119. <https://doi.org/10.1162/jocn.2008.20.1.108>
- MILNER, A. D. y GOODALE, M. A. (1995). *The visual brain in action*. Oxford Psychology Series.
- MURIAS, M., MAJOR, S., DAVLANTIS, K., FRANZ, L., HARRIS, A., RARDIN, B., SABATOS-DEVITO, M. y DAWSON, G. (2018). Validation of eye-tracking measures of social attention as a potential biomarker for autism clinical trials. *Autism Research*, 11(1), 166-174. <https://doi.org/10.1002/aur.1894>
- OSTERLING, J. y DAWSON, G. (1994). Early recognition of children with autism: a study of first birthday home videotapes. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 24(3), 247-257. <https://doi.org/10.1007/Bf02172225>
- PELPHREY, K. A., SASSON, N. J., REZNICK, J. S., PAUL, G., GOLDMAN, B. D. y PIVEN, J. (2002). Visual scanning of faces in autism. *Journal Autism and Developmental Disorders*, 32, 249-261. <https://doi.org/10.1023/A:1016374617369>
- PERRETT, D. I., SMITH, P. A. J., POTTER, D. D., MISTLIN, A. J., HEAD, A. S., MILNER, A. D. y JEEVES, M. A. (1985). Visual cells in the temporal cortex sensitive to face view and gaze direction. *Biological Sciences*, 223(1232), 293-317. <https://doi.org/10.1098/rspb.1985.0003>
- RIVIÈRE, Á. (2001). *Autismo, orientaciones para la intervención educativa*. Trotta.
- RIZZOLATTI, G. y FABBRI-DESTRO, M. (2010). Mirror neurons: from discovery to autism. *Experimental Brain Research*, 200(3-4), 223-237. <https://doi.org/10.1007/s00221-009-2002-3>
- SHIC, F., MACARI, S. y CHAWARSK, K. (2014). Speech disturbs face scanning in 6-month olds who develop Autism Spectrum Disorder. *Biological Psychiatry*, 75(3), 231-237. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2013.07.009>

HACIA UNA HERRAMIENTA DE CRIBADO TEMPRANO
DEL TRASTORNO DEL ESPECTRO DEL AUTISMO (TEA)

G. ACEVEDO, R. CAMERO, M. FERNÁNDEZ, J. DE ANDRÉS, M. GONZÁLEZ Y D. FERNÁNDEZ

- TENENBAUM, E. J., SOBEL, D. M., SHEINKOPF, S. J., SHAH, R. J., MALLE, B. F. y MORGAN, J. L. (2015). Attention to the mouth and gaze following in infancy predict language development. *Journal of Child Language*, 42(6), 1173-1190. <https://doi.org/10.1017/S0305000914000725>
- WASS, S. V., JONES, J. H., GLIGA, T., SMITH, T. J., CHARMAN, T. y JOHNSON, M. H. (2015). Shorter spontaneous fixation durations in infants with later emerging autism. *Scientific Reports*, 5, 1-8. <https://doi.org/10.1038/srep08284>
- ZILBOVICIUS, M., MERESSE, I., CHABANE, N., BRUNELLE, F., SAMSON, Y. y BODDAERT, N. (2006). Autism, the superior temporal sulcus and social perception. *Trends in Neurosciences*, 29(7), 359-366. <https://doi.org/10.1016/j.tins.2006.06.004>

