

DESARROLLO DE LA COMPRENSIÓN EMOCIONAL ¿QUÉ TIPO DE TECNOLOGÍA PARA QUÉ ALUMNO CON TRASTORNO DEL ESPECTRO AUTISTA? REVISIÓN SISTEMÁTICA

Development of Emotional Understanding. What Kind of Technology for which Student with Autism Spectrum Disorder. Systematic Review

M.^a Isabel GÓMEZ LEÓN
Universidad Internacional de La Rioja. España
isabel.gomez@unir.net
<https://orcid.org/0000-0001-7466-5441>

Recepción: 10 de mayo de 2023

Aceptación: 24 de julio de 2023

RESUMEN: La falta de información sobre el uso de la tecnología en niños con trastorno del espectro autista (TEA) de diferentes perfiles puede dificultar que docentes y alumnos se estén beneficiando del apoyo tecnológico más eficaz y ajustado a sus necesidades. El objetivo de esta revisión fue analizar y sintetizar la evidencia científica sobre la eficacia de los recursos tecnológicos en la mejora de la comprensión emocional de estudiantes con TEA con perfiles de alto y bajo funcionamiento. Para ello se realizó una revisión sistemática de las publicaciones científicas indexadas en algunas de las bases de datos de mayor relevancia siguiendo los criterios establecidos en la declaración PRISMA. En total se analizaron 38 artículos que cumplieron con los criterios de inclusión preestablecidos. Los resultados muestran la importancia de diseñar sistemas versátiles que puedan personalizarse y adaptarse en tiempo real y en contextos naturales con un enfoque claramente inclusivo. Pero también sugieren que la tecnología puede no ser una herramienta de intervención complementaria adecuada para todos los niños con TEA. Lo que subraya la necesidad de ensayos adicionales bien controlados sobre las características que permitan identificar qué estudiantes podrían o no beneficiarse de diferentes modalidades de tecnología.

PALABRAS CLAVE: Tecnología de la educación; autismo; trastorno del espectro autista; social; emocional; intervención digital; robot.

ABSTRACT: The lack of information on the use of technology in children with autism spectrum disorder (ASD) of different profiles can make it difficult for teachers and students to benefit from the most effective technology support tailored to their needs. The aim of this review was to analyze and synthesize scientific evidence on the effectiveness of technological resources in improving the emotional understanding of students with high and low functioning ASD profiles. A systematic review of the scientific publications indexed in some of the most relevant databases was carried out following the criteria established in the PRISMA declaration. A total of 38 articles that met the pre-established inclusion criteria were analyzed. The results show the importance of designing versatile systems that can be customized and adapted in real time and in natural contexts with a clearly inclusive approach. But they also suggest that technology may not be an appropriate complementary intervention tool for all children with ASD. This underlines the need for additional well-controlled tests on the characteristics that would allow identifying which students might or might not benefit from different technology modalities.

KEYWORDS: Education technology; autism; autism spectrum disorder; social; emotional; digital intervention; robot.

1. Introducción

Los estudiantes con trastorno del espectro autista (TEA) presentan necesidades en el ámbito socioemocional que repercuten en su rendimiento académico y que suponen uno de los mayores factores de riesgo para la exclusión social, el rechazo de los compañeros, la intimidación o el aislamiento (Wall *et al.*, 2021). Las habilidades de comunicación no verbal representan más del 60 % de la capacidad de comunicación general y se han identificado como la base de la competencia socioemocional y uno de los mayores déficits en la forma en que los niños con TEA socializan (Wall *et al.*, 2021). Las dificultades relacionadas con este tipo de comunicación varían ampliamente e incluyen la comprensión de las expresiones faciales, el uso de gestos conversacionales, la imitación de movimientos corporales y la atención conjunta (Gómez-León, 2019a). La investigación ha sugerido que los déficits tempranos en estas habilidades dan lugar a dificultades en forma de cascada en la adquisición de competencias sociales de mayor complejidad. Las emociones transmitidas por expresiones faciales, gestos, palabras o situaciones son señales críticas para comprender los sentimientos e intenciones de los demás y para regular las interacciones sociales. Para los alumnos con TEA comprender estas sutilezas en la comunicación juega un papel fundamental en la construcción de amistades y relaciones de confianza con los demás, especialmente durante los años escolares, por lo que es fundamental que en la escuela se

ofrezcan intervenciones que den respuesta a estas necesidades y que, para ello, se utilicen las herramientas adecuadas.

Una parte significativa del diseño de tecnologías para niños con TEA se ha centrado en el desarrollo de habilidades básicas de la competencia socioemocional (Berggren *et al.*, 2018). Sin embargo, las revisiones realizadas hasta la fecha sobre el uso de la tecnología en este tipo de intervenciones muestran, en general, resultados poco concluyentes (Wall *et al.*, 2021). Algunos autores han señalado que esta inconsistencia en los resultados puede ser debida, en parte, al uso excesivo de taxonomías diagnósticas de carácter discreto en la metodología. Estas taxonomías se basan en el supuesto de una homogeneidad derivada del cumplimiento de criterios diagnósticos fijos de inclusión y exclusión donde tradicionalmente se comparan grupos con TEA y sin TEA. Este enfoque contrasta con la literatura contemporánea que refleja evidencia de la amplia variabilidad en la extensión, la naturaleza y el impacto de los síntomas que manifiestan los niños y adolescentes con TEA, intra- e interindividualmente, a corto y a largo plazo (Astle *et al.*, 2022; Narzisi *et al.*, 2023).

La investigación ha mostrado que el TEA abarca una amplia gama de presentaciones clínicas que a menudo se asocian con rasgos que incluyen anomalías congénitas mayores, anomalías físicas menores y discapacidad intelectual. Se ha encontrado que los niños con TEA que presentan características dismórficas prominentes desde etapas tempranas del desarrollo presentan un mayor deterioro cognitivo, comunicativo y social; condiciones sindrómicas más amplias, y una tasa marcadamente más alta de trastornos, lo que conduce a peores resultados de desarrollo (Narzisi *et al.*, 2023). Como resultado, diversos estudios han intentado agrupar los síntomas del TEA encontrando que la heterogeneidad se puede observar tanto en el patrón de síntomas centrales (incluidos los déficits en la reciprocidad social, la disminución de la comunicación no verbal y las dificultades para desarrollar y mantener relaciones) como en la capacidad cognitiva y/o los factores de riesgo identificados (Astle *et al.*, 2022). Dados la gran diversidad de síntomas y los diferentes niveles de gravedad entre las personas con TEA, identificar un enfoque de intervención único para todos los niños y adolescentes es un desafío.

En un intento por identificar las necesidades de estos niños, más en términos de dimensiones continuas que en categorías discretas, se han utilizado los términos de alto o bajo funcionamiento. Estos términos hacen referencia al grado de severidad de los síntomas y la autonomía funcional del niño que puede resultar de la combinación de síntomas de diversa gravedad (Alcantud-Marín y Alonso-Esteban, 2021; De Giambattista *et al.*, 2019; Mantziou *et al.*, 2015). Según esta clasificación, los niños con TEA de bajo funcionamiento (BF) presentarían un deterioro más severo en la comunicación social, graves déficits en la comunicación verbal y no verbal, un cociente intelectual (CI) por debajo de la media poblacional (< 70) y una mayor necesidad de apoyo. Mientras que los niños con TEA de alto funcionamiento (AF) podrían demostrar habilidades intelectuales promedio o superiores al promedio y desempeñarse bien en medidas cognitivas sociales explícitas debido al uso de estrategias o mecanismos compensatorios que conducirían a la aparición de un estilo de procesamiento atípico. A pesar de ello presentarían anomalías en el lenguaje y

algunas funciones ejecutivas y tendrían dificultades para procesar señales sociales, especialmente aquellas relacionadas con la comunicación no verbal.

Considerar, al menos, esta dimensión, si bien no exenta de limitaciones, permitiría un primer paso hacia la identificación de subgrupos de niños con diferentes niveles de respuesta a intervenciones específicas. Esto podría proporcionar una información valiosa para aproximar el diseño de la intervención a las características individuales de los estudiantes facilitando que docentes y alumnos se beneficiasen del soporte digital más eficaz y ajustado a sus necesidades. Es más, esto podría ayudar a evitar la práctica inapropiada y, como consecuencia, resultados contraproducentes y, a veces, potencialmente dañinos para el estudiante (Knight *et al.*, 2019).

La pregunta es ¿qué tipo de tecnología funciona y para quién?

El objetivo de esta revisión fue analizar y sintetizar la evidencia científica sobre la eficacia de los recursos tecnológicos en la mejora de la comprensión emocional de estudiantes con TEA con perfiles de alto y bajo funcionamiento.

2. Metodología

2.1. Estrategia de búsqueda

Se realizó una búsqueda de las publicaciones científicas indexadas en las bases de datos Scopus, Web of Science, PubMed, ERIC, IEEE Xplore y ACM Digital Library, siguiendo los criterios establecidos en la declaración PRISMA.

La búsqueda se realizó combinando los términos (autism OR autism spectrum disorder OR ASD) AND (technology* OR tablet OR iPad OR iPod OR smartphone OR mobile device OR apple watch OR google glass OR virtual reality OR augmented reality OR computer OR robot* OR avatar OR kinect OR eye tracker) AND (social* OR emotional* OR imitation OR joint attention).

2.2. Criterios de elegibilidad

Se incluyeron artículos publicados en revistas o actas de conferencias revisadas por pares cuyo objetivo fuera demostrar la eficacia de la tecnología digital en la mejora de la comprensión emocional de niños y adolescentes con TEA. Solo se incluyeron estudios primarios y se consideraron todos los diseños (p. ej., de control aleatorizados, inter- o intrasujetos, informes de casos) sin restricción idiomática. Se incluyeron revisiones desde el año 2000 hasta el año 2023 con el fin de que la intervención hubiera podido ser replicada un número suficiente de veces por investigadores independientes como para justificar su eficacia.

Se excluyeron revisiones sistemáticas y metaanálisis; artículos cuya muestra no incluyera niños o adolescentes con un diagnóstico de TEA o no informara de los

resultados de estos por separado, y aquellos centrados en el entrenamiento de habilidades generales de interacción y comunicación social cuyos resultados no presentaran datos concretos sobre el reconocimiento emocional de manera independiente. Además, se excluyeron aquellos estudios cuya tecnología fuera inviable, en términos de implementación, en el contexto educativo actual, como entornos virtuales inmersivos *CAVE (Cave Assisted Virtual Environment)* o *Blue Room*, entrenamiento a través de audio encubierto o neurofeedback.

2.3. *Proceso de selección*

Se identificaron 1607 resultados que fueron importados a Covidence. Tras la eliminación de los artículos duplicados quedaron 904 artículos que fueron examinados en función del contenido reflejado a través del título y el resumen. Se excluyeron aquellos artículos no relacionados con los objetivos de este trabajo. Los 289 artículos restantes pasaron a una segunda revisión de texto completo donde se analizó la calidad metodológica de las intervenciones. La selección final estuvo compuesta por 38 artículos.

2.4. *Evaluación del riesgo de sesgo o calidad metodológica*

Para determinar la calidad de las intervenciones en términos de efectividad dos investigadores expertos en programas de entrenamiento para niños y adolescentes con TEA analizaron por separado características metodológicas importantes como la confirmación del diagnóstico, la idoneidad de las condiciones/grupos de control y los tamaños de la muestra, la definición de las variables, la coherencia de las técnicas de análisis de datos con las preguntas e hipótesis de investigación y la validez y fiabilidad de las medidas clave tanto en el caso de los diseños de grupo como en el de los estudios de caso único.

Como es frecuente en el campo de la ingeniería de sistemas y software los datos se complementaron con otras fuentes de evidencia empírica que informaron sobre la confiabilidad y el compromiso en la práctica; para ello se utilizaron las pautas de la Organización Internacional de Normalización/Comisión Electrotécnica Internacional (ISO) para el diseño centrado en el ser humano (<https://www.iso.org/standard/52075.html>) y en el rol del usuario infantil en el proceso de diseño.

Además, se realizó una evaluación de la validez interna de cada artículo haciendo énfasis en el riesgo de sesgo respecto a la asignación de las intervenciones, cegamiento de los participantes y del personal, cegamiento de los evaluadores del resultado, datos de resultado incompletos y notificación selectiva de los resultados, entre otros.

La Fiabilidad de Acuerdo Interjueces (IRA) en cuanto a la efectividad, la confiabilidad, el compromiso y la validez interna fue del 100 %.

2.5. Medidas de efecto

Para valorar el efecto de las intervenciones se recogieron en una tabla los resultados extraídos por los artículos analizados. En aquellos estudios que no informaron sobre el tamaño del efecto se halló una estimación aproximada de la magnitud del cambio a través del porcentaje de datos no superpuestos en los estudios de caso único y a través de la *d* de Cohen en los diseños de grupo (grupo experimental y control o el mismo grupo antes y después de la intervención). Se descartaron los artículos que carecían de datos suficientes para hallar el tamaño medio del efecto. Además, se consideró la heterogeneidad (I^2), considerando un umbral del 0 % al 25 % como baja heterogeneidad, del 26 % al 50 % moderada, del 51 % al 75 % alta y muy alta para una puntuación mayor del 75 %.

2.6. Análisis y síntesis de la evidencia científica

Se extrajeron datos relevantes de la selección final como el tipo de diseño, el tamaño de la muestra, la edad de los participantes, la gravedad del diagnóstico, las variables independientes y dependientes, los resultados y los datos sobre el tamaño del efecto, el mantenimiento y la generalización de los resultados.

Las investigaciones fueron clasificadas en aplicaciones de software, seguimiento ocular contingente y robots sociales antropomórficos

3. Resultados

En total 804 niños y adolescentes con TEA participaron en alguno de los grupos de intervención, 149 en edad preescolar (0-5 años), 461 en edad escolar (0-12 años) y 194 eran adolescentes (13-18 años). Todos los estudios basaron el reclutamiento de las muestras en la presencia o ausencia de un diagnóstico de TEA y han excluido aquellos casos que presentaran un trastorno concurrente. Solo un estudio incluyó una muestra de niños y adolescentes con TEA y TDAH (Didehbandi *et al.*, 2016).

El 83 % de los artículos especifica los instrumentos utilizados para la selección de la muestra. El criterio diagnóstico más utilizado es el del Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales (DSM) (52 %). Según la distinción entre TEA de BF y AF, el 18 % de los estudios incluyó niños o adolescentes con TEA de BF, el 57 % de AF, el 16 % de BF y AF y el 9 % restante no ofrece datos suficientes para conocer el grado de severidad de los síntomas y la autonomía del niño. Siete estudios analizaron los efectos del grupo con TEA de AF y BF por separado (Hopkins *et al.*, 2011; Mantziou *et al.*, 2015; Moore *et al.*, 2005; Tanaka *et al.*, 2012) o utilizaron un análisis de regresión para modelar los resultados en función de otras medidas como la edad, el cociente intelectual, la gravedad de los síntomas, la regulación emocional, la capacidad atencional o la competencia lingüística (Einfeld *et al.*, 2018; Karakosta *et al.*, 2019; Zheng *et al.*, 2020). Las escalas más utilizadas se referían al

diagnóstico de TEA, el funcionamiento intelectual y las habilidades sociales, siendo el ADOS (65 %) y las escalas SRS y el SCQ las más utilizadas. La competencia cognitiva se evaluó en términos de cociente intelectual (64 %) y/o las habilidades verbales (15 %). Solo cuatro estudios utilizan una prueba complementaria de algún proceso cognitivo o emocional específico como la competencia motora, visoperceptiva y atencional (So *et al.*, 2018; So *et al.*, 2019) o el reconocimiento (Hopkins *et al.*, 2011) y la regulación emocional (Einfeld *et al.*, 2018).

El 62 % de los estudios tienen muestras iguales o inferiores a 30 sujetos, aunque estas difieren desde un sujeto (Lozano *et al.*, 2017; Shamsuddin *et al.*, 2012) a 85 (Tanaka *et al.*, 2010). El 27 % de las investigaciones utilizaron un diseño de caso único, el 23 % un diseño experimental intra- o intersujeto, el 9 % fueron estudios empíricos descriptivos y el 41 % ensayos controlados aleatorizados. En uno de estos ensayos (Hopkins *et al.*, 2011) los resultados se referían a dos estudios, cada uno con diferentes grupos de intervención y control: grupo de AF y grupo de BF. En otro (Fridenson-Hayo *et al.*, 2017) se realizaron tres estudios: uno en Reino Unido, con un diseño intrasujeto; y dos en Israel y Suecia a través de dos ensayos controlados aleatorizados. El 20 % de los grupos control estaba compuesto por niños neurotípicos.

El 63 % de los estudios de esta revisión utilizaron aplicaciones de software, el 13 % incorporaron seguimiento ocular contingente y el 24 % utilizaron robots sociales antropomórficos. La duración de las sesiones varía desde una sola sesión (Alcorn *et al.*, 2011; O'Brien *et al.*, 2021) a nueve sesiones de 90 minutos durante un periodo de 10 a 13 semanas (Einfeld *et al.*, 2018). Solo un 12 % de los estudios informan con datos objetivos sobre la generalización de los resultados y un 17 % sobre el mantenimiento de las conductas en el tiempo, con un máximo de 12 meses (Einfeld *et al.*, 2018).

El 63 % de los estudios utilizan una prueba no estandarizada para medir los resultados. Los métodos para evaluar los resultados de la intervención fueron diversos, desde algoritmos de reconocimiento integrados en la arquitectura del software (Grynszpan *et al.*, 2022) a pruebas estandarizadas y registros de observación en el contexto natural del aula (Einfeld *et al.*, 2018).

La heterogeneidad de los entrenamientos propuestos y el pequeño tamaño de la muestra de un gran número de estudios dificulta la comparación directa de los resultados e impide que los datos deban interpretarse de manera normativa o inferencial, por lo que, a continuación, se discuten los resultados de una manera descriptiva.

4. Discusión

La mayor parte de los estudios seleccionados se han basado en muestras de niños con TEA de AF con puntuaciones de CI promedio y han excluido aquellos casos con trastornos concurrentes, debido, posiblemente, a la necesidad de grupos de control emparejados. Sin embargo, las estadísticas muestran que las dificultades de aprendizaje están presentes en el 65 %-85 % de los niños con TEA; el TDAH y el TEA tienen tasas de coexistencia que oscilan entre el 30 % y el 70 %, y aproximadamente

el 55 % de las personas con TEA también tienen una discapacidad intelectual concomitante y una sintomatología más grave que aquellos con puntajes promedio de CI (Astle *et al.*, 2022; Morán-Suárez *et al.*, 2019). Como consecuencia es posible que las presentaciones singulares de los trastornos que dominan la literatura de investigación sean precisamente las menos representativas. En cambio, la efectividad de la tecnología en perfiles más complejos, con trastornos concurrentes o con dificultades de mayor severidad puede estar relativamente poco documentada.

A continuación, se ofrece una descripción más detallada de los resultados hallados en función del perfil de los niños y los adolescentes y el tipo de tecnología utilizada.

4.1. *Aplicaciones de software*

Los niños con TEA tienen dificultades para reconocer las expresiones faciales, estas dificultades aumentan con el tiempo y están relacionadas con niveles más altos de rasgos autistas (Atherton y Cross, 2022), lo que, a su vez, está relacionado con mayores dificultades en situaciones sociales (Wall *et al.*, 2021). La mayoría de las aplicaciones en ordenadores o tableta digital para niños con TEA trabajan el reconocimiento de las emociones. Estas se basan en soportes como fotos, dibujos, grabaciones de audio, videos o personajes en 3D. Se ha demostrado que, aunque los adolescentes con TEA muestran un desempeño deficiente en el reconocimiento emocional de rostros humanos, cuando se trata de interpretar las emociones de estímulos antropomórficos (dibujos animados) presentados a través del ordenador muestran un reconocimiento significativamente mejor, pudiendo mejorar, incluso, al desempeño de adolescentes neurotípicos (Atherton y Cross, 2022).

Algunos autores han sugerido que el peor desempeño en el reconocimiento emocional de rostros humanos puede ser debido a las características fenotípicas del TEA (Gómez-León, 2019b). La investigación ha mostrado que tanto los comportamientos de fijación de la mirada como la búsqueda visual difiere entre participantes con TEA y neurotípicos. Los adolescentes con TEA muestran una modulación más débil de los movimientos oculares y dedican menos tiempo a mirar las caras, lo que correlaciona con el reconocimiento emocional facial (Elkin *et al.*, 2022; Grynszpan *et al.*, 2012). Además, mientras que los adolescentes neurotípicos parecen mostrar una codificación más holística para los ojos que para la boca en rostros expresivos, los adolescentes con TEA exhiben el patrón inverso. Lo que ha llevado a sugerir que las dificultades para generalizar el aprendizaje pueden estar relacionadas con el tipo de estrategias analíticas y holísticas de procesamiento facial que utilizan los adolescentes con TEA (Tanaka *et al.*, 2012).

Tanto los comportamientos de fijación de la mirada y búsqueda visual como las estrategias de procesamiento emocional muestran una fuerte correlación con la severidad de los síntomas de los estudiantes con TEA (Elkin *et al.*, 2022) y el CI (Tanaka *et al.*, 2012). Así, aunque los estudios de seguimiento ocular, electrofisiológicos y de imágenes cerebrales muestren patrones de mirada atípicos, componentes

de potenciales evocados retrasados y una actividad anómala en los circuitos de procesamiento emocional, los estudiantes con TEA de AF podrían presentar un desempeño conductual adecuado (Narzisi *et al.*, 2023). Sin embargo, algunos autores han encontrado que cuando el agente que se está evaluando es antropomórfico el desempeño es similar al de los participantes neurotípicos independientemente de la severidad de los síntomas y el CI (Cross *et al.*, 2019). Es más, algunos autores señalan que, en este caso, las características fenotípicas de las personas con TEA evitan el sesgo hacia lo puramente humano de las personas neurotípicas y pueden suponer una fortaleza (Atherton y Cross, 2022).

Estos resultados podrían explicar que la intervención más replicada para mejorar la capacidad de reconocer expresiones faciales en prescolares sea el DVD interactivo *The Transporters*, el cual ha utilizado con éxito el antropomorfismo de los rostros transponiéndolos a vehículos (tren, tranvía, autobús) (Gev *et al.*, 2017; Golán *et al.*, 2010; Yan *et al.*, 2018; Young y Posselt, 2012). En estos estudios se encontró una mejoría significativa en el reconocimiento emocional que, además, se transfirió a personajes humanos reales. Sin embargo, Gev *et al.* (2017) encontraron que la gravedad de los síntomas del TEA correlacionaba negativamente con la mejora del reconocimiento emocional. En línea con estos resultados el único estudio que utilizó una muestra de niños con TEA de BF (Williams *et al.*, 2012) encontró que los participantes solo fueron capaces de reconocer la ira, es más, este resultado no se generalizó ni se mantuvo con el tiempo.

Moore *et al.* (2005) encontraron que los niños y los adolescentes con TEA de AF asignaban el estado emocional apropiado al avatar a un nivel superior al del azar, sin embargo, aquellos participantes con TEA de BF presentaban dificultades para comprender las emociones de los avatares. Resultados similares se encontraron con el juego serio *FaceSay*, donde practicar con asistentes de avatar interactivos y realistas mejoró el reconocimiento de las emociones en escolares con TEA de AF (Rice *et al.*, 2015). Es más, estas mejoras se observaron en dominios más amplios de habilidades cognitivas y sociales. Sin embargo, cuando se probó la aplicación con escolares y adolescentes con perfiles de rasgos autistas diferentes, solo el grupo clasificado como TEA de AF mejoró significativamente en el reconocimiento facial (Hopkins *et al.*, 2011). Los autores señalan que las diferencias intelectuales podrían estar mediando en la dificultad para generalizar el reconocimiento emocional presentado en fotos a dibujos. Por otra parte, plantean la posibilidad de que los niños con TEA de BF no entendieran completamente los conceptos o instrucciones en el juego. También es importante señalar que la intervención tuvo un impacto diferente para ambos grupos en los comportamientos sociales mostrados en el entorno natural. Mientras que los niños con TEA de AF mejoraron en sus interacciones sociales, aquellos con BF mejoraron su autocontrol y disminuyeron comportamientos negativos.

A pesar de que el reconocimiento de las emociones es de naturaleza multimodal, la mayoría de las veces se ha utilizado el aprendizaje unimodal visual. En las intervenciones anteriores los tipos de estímulos más utilizados variaban e incluían dibujos lineales, rostros esquemáticos y fotos de personas reales en

imágenes estáticas de patrones expresivos prototípicos. Estas imágenes se presentan a menudo aisladas del contexto y, por lo tanto, no se proporcionan pistas que puedan contribuir a la comprensión de las emociones. Algunos autores (Mantziou *et al.*, 2015) han señalado que este tipo de intervenciones no pueden replicar una situación real a menos que se use la imaginación, algo que es difícil para los niños con TEA y que puede verse agravado por la severidad de los síntomas. En un estudio de caso, Mantziou *et al.* (2015) encontraron que, mientras que el niño con autismo de AF mostraba interés y producciones gestuales con el docente en todas las modalidades (cara a cara, a través de videoconferencia o de avatares), el niño con autismo de BF solo interactuó con la persona real, no involucrándose en las interacciones a través de videoconferencias o avatares. En estos casos los autores señalan la necesidad de una orientación personalizada, restringida y dirigida por el docente, quien guía al niño a hacer contacto visual y centrar la atención en determinadas claves sociales, lo que resulta extremadamente difícil cuando se realiza a través de un tutor por ordenador.

Una mejora en el reconocimiento de emociones en rostros y voces por separado no garantiza ganancias en tareas holísticas que involucran la integración de señales faciales, vocales y contextuales. Esto plantea la necesidad de evaluar esta capacidad para las personas con TEA. Por lo que algunos autores han integrado rostros, voces y lenguaje corporal dentro de un contexto (Chen *et al.*, 2016; Fridenson-Hayo *et al.*, 2017; LaCava *et al.*, 2007; Serret *et al.*, 2014; Thomer *et al.*, 2015) e instrucciones de software interactivo (Thomer *et al.*, 2015). Además, la combinación de elementos reales y virtuales puede favorecer la generalización del aprendizaje al mundo real. Algunas de estas aplicaciones utilizan personajes tridimensionales (Alharbi y Huang, 2020), pero también incluyen la representación del propio cuerpo (Chen *et al.*, 2016), lo que puede ayudar al desarrollo de la conciencia corporal de los estudiantes con TEA. En estos estudios se han encontrado mejoras significativas en el reconocimiento de emociones faciales, vocales y corporales de los estudiantes con TEA, es más, se observaron ganancias generalizadas en la socialización con sus compañeros neurotípicos. Sin embargo, los tamaños del efecto solo fueron grandes en el reconocimiento de emociones en rostros. Además, todos los estudios se han centrado en niños con TEA de AF y algunos autores (Frolli *et al.*, 2022) han encontrado que la intervención con realidad virtual (vs. terapeuta) en estos niños únicamente supone una ventaja en la producción de emociones secundarias. Solo el estudio de Serret *et al.* (2014) incluyó en la muestra niños con TEA de BF. Para adaptar el diseño a la heterogeneidad del grupo los autores posibilitaron personalizar la aplicación en función del perfil sensorial y de aprendizaje del niño. Los resultados sugirieron que los niños podían aprender nuevas asociaciones rápidamente y sin necesidad de repetición cuando se les daba la oportunidad de usar sus fortalezas cognitivas para compensar sus dificultades en áreas específicas como el procesamiento de emociones. Sin embargo, no se especifica el número de niños que presentaban síntomas de AF y BF o qué características presentaban el 20 % de los niños que no pudieron interactuar con los juegos adaptados. Estos datos son importantes ya que los abandonos pueden informar sobre eventuales problemas

de usabilidad o aceptabilidad con la tecnología lo que cuestiona su eficacia como método de intervención.

Adicionalmente, Tanaka *et al.* (2012) señalaron que las diferencias en la capacidad de reconocimiento emocional de los adolescentes con TEA dependían de la demanda de la tarea (p. ej., perceptual vs. memoria) y las características de la respuesta (p. ej., denominación libre vs. reconocimiento). En su estudio, las demandas de respuesta se minimizaron al presentar etiquetas de emociones básicas en forma escrita y auditiva y al permitir que las caras de estudio permanecieran en la pantalla hasta que se diera una respuesta, lo que permitió un mejor rendimiento. Los adolescentes con TEA que presentaron mayores déficits en el funcionamiento social en la prueba de ADOS mostraron un mayor deterioro en su capacidad para etiquetar emociones faciales y reconocer expresiones. Sin embargo, cuando se emparejó el grupo de adolescentes con TEA con el grupo de adolescentes neurotípicos por edad y CI no se encontraron diferencias significativas en el etiquetado de las emociones básicas (con la excepción de la expresión de enojo). Los autores sugieren que los adolescentes con TEA de AF podrían estar utilizando procesos intelectuales de alto nivel que implican métodos más deliberados de resolución de problemas para el reconocimiento de emociones, mientras que los adolescentes neurotípicos podrían estar empleando habilidades emocionales en lugar de estrategias cognitivas, alcanzando los mismos resultados.

4.2. Seguimiento ocular contingente

Los resultados de algunas investigaciones revelan que los adolescentes con TEA muestran un rendimiento más bajo en las interfaces multimedia más ricas (Grynszpan *et al.*, 2008). Los autores señalan la influencia de los déficits observados en las funciones ejecutivas de las personas con TEA como posibles inconvenientes para interactuar con estas interfaces. Las dificultades aparecían cuando los adolescentes debían desviar la atención de una fuente multimedia a otra o cuando se enfrentaban a tareas “abiertas” donde tenían que imaginar posibles alternativas para encontrar una solución. Estos datos concuerdan con los de otras investigaciones donde se ha encontrado que las funciones ejecutivas son un fuerte predictor de la capacidad de comprensión emocional en personas con rasgos de autismo de diferente severidad (Green *et al.*, 2020). En concreto, la interpretación de las emociones sociales se predice mejor mediante las funciones ejecutivas mediadas por el lenguaje, incluida la generatividad verbal, la memoria de trabajo, la inhibición cognitiva y la flexibilidad mental. Con base en estos resultados Grynszpan *et al.* (2022) diseñaron un sistema de seguimiento ocular cuyo objetivo era simplificar la interfaz reduciendo los estímulos distractores. El sistema presentaba una pantalla completamente borrosa excepto por una ventana de visión; los movimientos de los ojos movían la ventana de visión, que servía de retroalimentación para poder controlar la mirada. Los resultados mostraron un interés significativamente mayor en las expresiones faciales durante el diálogo, aunque solo se evaluó con adolescentes con TEA de AF.

Otro posible inconveniente es que la mayoría de las intervenciones han propuesto trabajar el reconocimiento de emociones con avatares y contextos preconstituidos, por lo que hay una falta de comunicación en tiempo real entre niños y tutores. Recientes investigaciones han mostrado que el reconocimiento emocional puede mejorar cuando se combinan en el videojuego técnicas de análisis de comportamiento aplicadas (ABA) y seguimiento ocular contingente de la mirada (Sosnowski *et al.*, 2022). Estos videojuegos capturan datos en tiempo real para adaptarse a la experiencia del juego, utilizan indicaciones auditivas y visuales para guiar al niño, adaptan el nivel de dificultad en función de su rendimiento y proporcionan refuerzo diferencial e inmediato. En su intervención, Sosnowski *et al.* (2022) pudieron llevar a cabo unos 600 ensayos de aprendizaje discretos (que incluyeron la presentación de un promedio de más de 2.000 caras), lo que permitió una adquisición más rápida de las habilidades de reconocimiento emocional cuando se utilizó como refuerzo suplementario a las técnicas ABA, donde el número de oportunidades de aprendizaje es limitado. Se encontraron mejoras significativas en el reconocimiento de emociones con un tamaño de efecto grande. Los autores sugieren que esta intervención podría adaptarse a las necesidades personales de cada estudiante con TEA. Sin embargo, la muestra fue seleccionada a través del DSM5; no se realizó ninguna evaluación adicional para confirmar el diagnóstico de TEA (p. ej., ADOS-2, ADI-R); y, aunque se administró el PPVT-4 como sustituto del CI verbal, no se realizaron más pruebas de aptitudes intelectuales, por lo tanto, los resultados no ofrecen datos sobre la eficacia de la intervención en diferentes perfiles de niños con TEA.

La tecnología portátil, como gafas inteligentes, supone un avance novedoso capaz de proporcionar estrategias potencialmente más discretas, naturalistas y en tiempo real mediante las cuales apoyar a los estudiantes con TEA. Recientes investigaciones han utilizado el hardware de *Google Glass* para dirigir la atención de los niños con TEA hacia las claves que les pueden guiar a una mejor comprensión de las expresiones faciales (Liu *et al.*, 2017; Voss *et al.*, 2019). A través de una aplicación móvil el instructor puede controlar las actividades de participación a distancia y en tiempo real. El sistema rastrea rostros, clasifica las emociones de los compañeros, ofrece pistas auditivas y verbales y proporciona señales sociales de refuerzo inmediatas. Liu *et al.* (2017) hallaron mejoras en el reconocimiento emocional a través de dos aplicaciones diseñadas para ayudar a los niños a dirigir la mirada a la cara y los ojos y reconocer la emoción facial: *Face Game* y *Emotion Game*, aunque en el estudio no se especifica el perfil de los participantes. Cuando se ha probado una aplicación similar (*Superpower Glass*) en una muestra de niños con TEA de diferentes perfiles de severidad los resultados no han sido significativos (Voss *et al.*, 2019). Además, diferentes autores han desatado la importancia de la tolerabilidad en los niños con TEA, encontrando tasas de abandono de casi la mitad de los niños al usar un dispositivo mínimamente invasivo como una gorra LED (Bekele *et al.*, 2014) o unas gafas inteligentes (Voss *et al.*, 2019). Lo que evidencia la necesidad de registrar la sensibilidad táctil del niño antes de iniciar la intervención.

4.3. *Robots sociales antropomórficos*

Varios estudios han explorado la eficacia de los robots sociales en el aprendizaje del reconocimiento emocional. Los robots sociales se rigen por una serie de reglas y se comportan de una manera personalizada y más simplificada que un humano, lo que permite a los niños predecir su comportamiento, acostumbrarse a esas reglas e ir adaptando gradualmente la complejidad de su comportamiento. Marino *et al.* (2020) y So *et al.* (2018b) mostraron que los niños con TEA de AF que habían interactuado con un robot mejoraron significativamente en el reconocimiento y la producción emocional con respecto al grupo control. Es más, So *et al.* (2018b) hallaron que los niños con TEA superaron significativamente a los niños neurotípicos en el postest inmediato de entrenamiento. Los autores explican este resultado por el hecho de que los gestos objetivo se presentaron visualmente y los niños con TEA pueden tener una memoria visual a corto plazo superior, por lo que se beneficiaron de esta característica fenotípica.

Los mismos autores encontraron resultados similares en una muestra de niños con un perfil de BF (So *et al.*, 2018a). Sin embargo, en un estudio reciente hallaron que los niños con TEA de BF mostraban la misma probabilidad de reconocer y producir gestos con el robot que con el humano (So *et al.*, 2019). Estos hallazgos son consistentes con los de Karakosta *et al.* (2019), quienes encontraron que la severidad de los síntomas tenía un impacto importante en el compromiso del niño con el robot. En los casos en que los niños tenían un funcionamiento más bajo, las sesiones eran mucho más difíciles de realizar y se necesitaba mucho más tiempo para alcanzar los objetivos de los juegos. De manera que, mientras que para los niños con TEA de BF la capacidad para reconocer e imitar las expresiones faciales del robot mejoró levemente, para los niños con TEA de AF el efecto fue grande. Este resultado es congruente con el reportado por Carter *et al.* (2014), quienes hallaron que solo los niños con TEA que presentaban un mayor desarrollo del lenguaje lograron interactuar con éxito con la tecnología, sin embargo, aquellos con una baja puntuación verbal, aunque prestaron más atención a los agentes animados que a los humanos, no lograron interactuar eficazmente con ellos. Zheng *et al.* (2020) investigaron más a fondo si había alguna diferencia entre aquellos niños con TEA cuyos síntomas, medidos a través de STAT (*Screening Tool for Autism in Toddlers and Young Children*) mejoraron después de la intervención y aquellos que no lo hicieron o incluso empeoraron. Los niños que mejoraron tenían, en el momento del diagnóstico, puntuaciones en el ADOS-2 significativamente más bajas y puntuaciones de CI más altas en un nivel que se acercaba a la significación estadística ($p = 0.06$). Este resultado es consistente con algunos otros estudios sobre los resultados de la intervención temprana intensiva en niños pequeños con autismo (la edad media era de 2.5 años), donde se ha hallado que la severidad de los síntomas iniciales predice mejores resultados después de la intervención (Narzisi *et al.*, 2023). Además, los niños más pequeños tendieron a mostrar un mejor desempeño con el robot. Por lo tanto, las características clínicas basales relacionadas con las habilidades y los síntomas del autismo, así como el

momento del desarrollo, parecen ser predictivos de los cambios observados tras las interacciones con los agentes artificiales.

5. Conclusiones

La principal limitación de este estudio es que la consideración de perfiles de AF y BF no es suficiente para analizar el efecto de la tecnología en función de la variabilidad y la complejidad de las características individuales de los estudiantes con TEA. Sin embargo, únicamente teniendo en consideración esta clasificación, se pueden encontrar discrepancias relevantes entre ambos perfiles. Los resultados indican que los niños con TEA de AF muestran, en general, una mejor aceptación y mayores ganancias de aprendizaje en diferentes modalidades de la tecnología. Sin embargo, los niños con TEA de BF en ocasiones pueden no involucrarse suficientemente, o en absoluto, con las modalidades tecnológicas actuales (Mantziou *et al.*, 2015), e incluso en aquellos niños que parecen comprometerse los resultados no siempre se traducen en ganancias de aprendizaje (Carter *et al.*, 2014). Además, los patrones de una mejoría o de un empeoramiento significativo en la sintomatología (Zheng *et al.*, 2020) sugieren que la tecnología puede no ser una herramienta de intervención complementaria adecuada para todos los niños con TEA. Tanto la tolerancia como el compromiso de los niños hacia la tecnología son potencialmente importantes cuando se considera la heterogeneidad en la respuesta al tratamiento. Lo que subraya la necesidad de ensayos adicionales bien controlados sobre las características que permitan identificar qué niños podrían o no beneficiarse de este tipo de intervenciones.

Estos resultados resaltan la necesidad de considerar la heterogeneidad de los niños al determinar el impacto de los protocolos tecnológicos, como las habilidades previas a la intervención de procesos esenciales como la atención, la retención o la producción verbal y no verbal, características clínicas basales relacionadas con el tipo y la gravedad de los síntomas del TEA, categorías diagnósticas superpuestas, especificidades fenotípicas como el estilo perceptivo o el perfil sensorial y la edad de desarrollo, que pueden ser predictivas tanto de las ganancias de aprendizaje como del compromiso con la tecnología.

Los resultados sugieren que, en lugar de utilizar agrupaciones de diagnóstico, sería fundamental evaluar perfiles de necesidades que se relacionasen directamente con el resultado del mundo real del niño. Identificar no solo las barreras funcionales, sino también las estrategias compensatorias emergentes, sería de gran utilidad para guiar la intervención hacia los problemas que más pueden influir en la experiencia cotidiana de estos niños y sus familias.

No parece haber un tipo concreto de tecnología que pueda proporcionar todas las funciones requeridas para todos los niños con TEA. Sin embargo, los resultados muestran la importancia de diseñar sistemas versátiles y semiautónomos que permitan controlar las interacciones de un modo más personalizado y flexible, especialmente en el caso de los niños con TEA de BF, garantizando, así, que puedan

adaptarse a la respuesta contingente del niño o de subgrupos particulares de niños. Por otra parte, existe una tendencia a diseñar tecnologías móviles que ayuden a los estudiantes a evaluar la calidad de su producción y a mejorarla en tiempo real y en contextos naturales con un enfoque claramente inclusivo.

Futuras investigaciones podrían considerar implementar estudios que incluyan, junto con las medidas conductuales, medidas orientadas biológicamente (Olmos *et al.*, 2023). La integración de ambas medidas utilizando inteligencia artificial podría ayudar a identificar subtipos de TEA con diferentes respuestas a intervenciones específicas. Además, se sugiere medir la eficacia de estas tecnologías a través de estudios más sólidos en términos de metodología, es decir, muestras grandes y heterogéneas (también en cuanto a edad), grupos de control, periodos de tratamiento más largos y datos sobre la generalización y el mantenimiento de los resultados.

Adicionalmente, la eficiencia de los diseños de investigación podría mejorar si se implementaran enfoques de regresión o factor latente, *clústeres* o dimensiones basados en datos o redes neuronales artificiales en lugar de comparaciones de grupo. Los clústeres podrían proporcionar formas más óptimas de agrupaciones fenotípicas que pueden estar más estrechamente alineadas con los mecanismos subyacentes y las vías para una intervención más eficaz. Y las redes neuronales artificiales podrían resultar de gran utilidad para modelar conjuntos de datos complejos y parecen suponer una promesa excepcional para comprender los patrones complejos de distribución de las características del desarrollo neurológico.

6. Referencias bibliográficas

- ALCANTUD-MARÍN, F. y ALONSO-ESTEBAN, Y. (2021). Estudiantes universitarios con Trastornos del Espectro del Autismo: revisión de sus necesidades y notas para su atención. *Siglo Cero*, 52(2), 83-100. <https://doi.org/10.14201/scero202152283100>
- ALCORN, A., PAIN, H., RAJENDRAN, G., SMITH, T., LEMON, O., PORAYSKA-POMSTA, K., ... y BERNARDINI, S. (2011). Social communication between virtual characters and children with autism. In *international conference on artificial intelligence in education* (pp. 7-14). Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-21869-9_4
- ALHARBI, M. y HUANG, S. (2020). An augmentative system with facial and emotion recognition for improving social skills of children with Autism Spectrum Disorders. En *2020 IEEE International Systems Conference (SysCon)* (pp. 1-6). IEEE. <https://doi.org/10.1109/SysCon47679.2020.9275659>
- ASTLE, D. E., HOLMES, J., KIEVIT, R. y GATHERCOLE, S. E. (2022). Annual research review: the transdiagnostic revolution in neurodevelopmental disorders. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, and Allied Disciplines*, 63(4), 397-417. <https://doi.org/10.1111/jcpp.13481>
- ATHERTON, G. y CROSS, L. (2022). Reading the mind in cartoon eyes: comparing human versus cartoon emotion recognition in those with high and low levels of autistic traits. *Psychological Reports*, 125(3), 1380-1396. <https://doi.org/10.1177/0033294120988135>
- BEKELE, E., CRITTENDON, J., ZHENG, Z., SWANSON, A., WEITLAUF, A., WARREN, Z. y SARKAR, N. (2014). Assessing the utility of a virtual environment for enhancing facial affect recognition in adolescents with autism. *Journal of autism and developmental disorders*, 44(7), 1641-1650. <https://doi.org/10.1007/s10803-014-2035-8>

DESARROLLO DE LA COMPRENSIÓN EMOCIONAL ¿QUÉ TIPO DE TECNOLOGÍA PARA QUÉ
ALUMNO CON TRASTORNO DEL ESPECTRO AUTISTA? REVISIÓN SISTEMÁTICA
M.^a I. GÓMEZ LEÓN

- BERGGREN, S., FLETCHER-WATSON, S., MILENKOVIC, N., MARSCHIK, P. B., BÖLTE, S. y JONSSON, U. (2018). Emotion recognition training in autism spectrum disorder: a systematic review of challenges related to generalizability. *Developmental Neurorehabilitation*, 21(3), 141-154. <https://doi.org/10.1080/17518423.2017.1305004>
- CARTER, E. J., WILLIAMS, D. L., HODGINS, J. K. y LEHMAN, J. F. (2014). Are children with autism more responsive to animated characters? A study of interactions with humans and human-controlled avatars. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 44(10), 2475-2485. <https://doi.org/10.1007/s10803-014-2116-8>
- CHEN, C. H., LEE, I. J. y LIN, L. Y. (2016). Augmented reality-based video-modeling storybook of nonverbal facial cues for children with autism spectrum disorder to improve their perceptions and judgments of facial expressions and emotions. *Computers in Human Behavior*, 55(Part A), 477-485. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.09.033>
- CROSS, L., FARHA, M. y ATHERTON, G. (2019). The Animal in Me: Enhancing Emotion Recognition in Adolescents with Autism Using Animal Filters. *Journal of autism and developmental disorders*, 49(11), 4482-4487. <https://doi.org/10.1007/s10803-019-04179-7>
- DE GIAMBATTISTA, C., VENTURA, P., TREROTOLI, P., MARGARI, M., PALUMBI, R. y MARGARI, L. (2019). Subtyping the Autism Spectrum Disorder: comparison of children with high functioning autism and Asperger syndrome. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 49(1), 138-150. <https://doi.org/10.1007/s10803-018-3689-4>
- DIDEHBANI, N., ALLEN, T., KANDALAFI, M., KRAWCZYK, D. y CHAPMAN, S. (2016). Virtual reality social cognition training for children with high functioning autism. *Computers in human behavior*, 62, 703-711. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.04.033>
- EINFELD, S. L., BEAUMONT, R., CLARK, T., CLARKE, K. S., COSTLEY, D., GRAY, K. M., y HOWLIN, P. (2018). School-based social skills training for young people with autism spectrum disorders. *Journal of Intellectual and Developmental Disability*, 43(1), 29-39. <https://doi.org/10.3109/13668250.2017.1326587>
- ELKIN, T. D., ZHANG, Y. y RENEKER, J. C. (2022). Gaze fixation and visual searching behaviors during an immersive virtual reality social skills training experience for children and youth with autism spectrum disorder: a pilot study. *Brain Sciences*, 12(11), 1568. <https://doi.org/10.3390/brainsci12111568>
- FRIDENSON-HAYO, S., BERGGREN, S., LASSALLE, A., TAL, S., PIGAT, D., MEIR-GOREN, N., O'REILLY, H., BEN-ZUR, S., BÖLTE, S., BARON-COHEN, S. y GOLAN, O. (2017). 'Emotiplay': a serious game for learning about emotions in children with autism: results of a cross-cultural evaluation. *European Child and Adolescent Psychiatry*, 26(8), 979-992. <https://doi.org/10.1007/s00787-017-0968-0>
- FROLLI, A., SAVARESE, G., DI CARMINE, F., BOSCO, A., SAVIANO, E., REGA, A., CAROTENUTO, M. y RICCI, M. C. (2022). Children on the autism spectrum and the use of virtual reality for supporting social skills. *Children*, 9(2), 181. <https://doi.org/10.3390/children9020181>
- GEV, T., ROSENAN, R. y GOLAN, O. (2017). Unique effects of the transporters animated series and of parental support on emotion recognition skills of children with ASD: results of a randomized controlled trial. *Autism Research: Official Journal of the International Society for Autism Research*, 10(5), 993-1003. <https://doi.org/10.1002/aur.1717>
- GOLAN, O., ASHWIN, E., GRANADER, Y., MCCLINTOCK, S., DAY, K., LEGGETT, V. y BARON-COHEN, S. (2010). Enhancing emotion recognition in children with autism spectrum conditions: an intervention using animated vehicles with real emotional faces. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 40(3), 269-279. <https://doi.org/10.1007/s10803-009-0862-9>
- GÓMEZ-LEÓN, M. I. (2019a). Conexión neuronal en el trastorno del espectro autista. *Psiquiatría Biológica*, 26(1), 7-14. <https://doi.org/10.1016/j.psiq.2019.02.001>

DESARROLLO DE LA COMPRESIÓN EMOCIONAL ¿QUÉ TIPO DE TECNOLOGÍA PARA QUÉ
ALUMNO CON TRASTORNO DEL ESPECTRO AUTISTA? REVISIÓN SISTEMÁTICA
M.^a I. GÓMEZ LEÓN

- GÓMEZ-LEÓN, M. I. (2019b). A través de los ojos del niño con Trastorno del Espectro Autista. *EDU REVIEW. International Education and Learning Review*, 7(1), 11-22. <https://doi.org/10.37467/gka-revedu.v7.1876>
- GREEN, C. C., BROWN, N. J., YAP, V. M. Z., SCHEFFER, I. E. y WILSON, S. J. (2020). Cognitive processes predicting advanced theory of mind in the broader autism phenotype. *Autism Research: Official Journal of the International Society for Autism Research*, 13(6), 921-934. <https://doi.org/10.1002/aur.2209>
- GRYNSZPAN, O., BOUTELLER, J., GRYNSZPAN, S., MARTIN, J. C. y NADEL, J. (2022). Social gaze training for Autism Spectrum Disorder using eye-tracking and virtual humans. *Interaction Studies*, 23(1), 89-115. <https://doi.org/10.1075/is.21022.gry>
- GRYNSZPAN, O., MARTIN, J. C. y NADEL, J. (2008). Multimedia interfaces for users with high functioning autism: an empirical investigation. *International Journal of Human-Computer Studies*, 66(8), 628-639. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2008.04.001>
- GRYNSZPAN, O., NADEL, J., MARTIN, J. C., SIMONIN, J., BAILLEUL, P., WANG, Y., GEPNER, D., LE BARILLIER, F. y CONSTANT, J. (2012). Self-monitoring of gaze in high functioning autism. *Journal of autism and developmental disorders*, 42(8), 1642-1650. <https://doi.org/10.1007/s10803-011-1404-9>
- HOPKINS, I. M., GOWER, M. W., PEREZ, T. A., SMITH, D. S., AMTHOR, F. R., CASEY WIMSATT, F. y BIASINI, F. J. (2011). Avatar assistant: improving social skills in students with an ASD through a computer-based intervention. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 41(11), 1543-1555. <https://doi.org/10.1007/s10803-011-1179-z>
- KARAKOSTA, E., DAUTENHAHN, K., SYRDAL, D. S., WOOD, L. J. y ROBINS, B. (2019). Using the humanoid robot Kaspar in a Greek school environment to support children with Autism Spectrum Condition. *Paladyn, Journal of Behavioral Robotics*, 10(1), 298-317. <https://doi.org/10.1515/pjbr-2019-0021>
- KNIGHT, V. F., HUBER, H. B., KUNTZ, E. M., CARTER, E. W. y JUAREZ, A. P. (2019). Instructional practices, priorities, and preparedness for educating students with autism and intellectual disability. *Focus on Autism and other Developmental Disabilities*, 34(1), 3-14. <https://doi.org/10.1177/1088357618755694>
- LACAVA, P. G., GOLAN, O., BARON-COHEN, S. y SMITH MYLES, B. (2007). Using assistive technology to teach emotion recognition to students with Asperger syndrome: a pilot study. *Remedial and Special Education*, 28(3), 174-181. <https://doi.org/10.1177/07419325070280030601>
- LIU, R., SALISBURY, J. P., VAHABZADEH, A. y SAHIN, N. T. (2017). Feasibility of an autism-focused augmented reality smartglasses system for social communication and behavioral coaching. *Frontiers in Pediatrics*, 5, 145. <https://doi.org/10.3389/fped.2017.00145>
- LOZANO, M. D. J., SÁNCHEZ, J. L. S. y ESPINOSA, M. P. P. (2017). Estudio de caso de la influencia del aprendizaje electrónico móvil en el desarrollo de la comunicación y el lenguaje con un niño con TEA. *Educación*, 53(2), 419-443. <http://dx.doi.org/10.5565/rev/educar.782>
- MANTZIOU, O., VRELLIS, I. y MIKROPOULOS, T. A. (2015). Do children in the spectrum of autism interact with real-time emotionally expressive human controlled avatars? *Procedia Computer Science*, 67, 241-251. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.09.268>
- MARINO, F., CHILÀ, P., SFRAZZETTO, S. T., CARROZZA, C., CRIMI, I., FAILLA, C., BUSÀ, M., BERNAVA, G., TARTARISCO, G., VAGNI, D., RUTA, L. y PIOGGIA, G. (2020). Outcomes of a robot-assisted social-emotional understanding intervention for young children with Autism Spectrum Disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 50(6), 1973-1987. <https://doi.org/10.1007/s10803-019-03953-x>

- MOORE, D., CHENG, Y., McGRATH, P. y POWELL, N. J. (2005). Collaborative virtual environment technology for people with autism. *Focus on Autism and other Developmental Disabilities*, 20(4), 231-243. <https://doi.org/10.1177/10883576050200040501>
- MORÁN-SUÁREZ, M. L., GÓMEZ-SÁNCHEZ, L. E. y ALCEDO-RODRÍGUEZ, M. A. (2019). Inclusión social y autodeterminación: los retos en la calidad de vida de los jóvenes con autismo y discapacidad intelectual. *Siglo Cero*, 50(3), 29-46. <https://doi.org/10.14201/scero20195032946>
- NARZISI, A., ALONSO-ESTEBAN, Y. y ALCANTUD-MARÍN, F. (2023). Autism and children: diagnosis, functional profiles and intervention. *Children*, 10(3), 522. <https://doi.org/10.3390/children10030522>
- O'BRIEN, A. M., SCHLOSSER, R. W., YU, C., ALLEN, A. A. y SHANE, H. C. (2021). Repurposing a smartwatch to support individuals with autism spectrum disorder: Sensory and operational considerations. *Journal of Special Education Technology*, 36(4), 215-226. <https://doi.org/10.1177/0162643420904001>
- OLMOS, E., CASCALES-MARTÍNEZ, A. y CONTERO GONZÁLEZ, M. (2023). Tolerancia a entornos virtuales inmersivos multisensoriales y medida electrodermal ratio como identificador de población TEA. *Siglo Cero*, 54(1), 115-133. <https://doi.org/10.14201/scero202354128535>
- RICE, L. M., WALL, C. A., FOGEL, A. y SHIC, F. (2015). Computer-assisted face processing instruction improves emotion recognition, mentalizing, and social skills in students with ASD. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 45(7), 2176-2186. <https://doi.org/10.1007/s10803-015-2380-2>
- SERRET, S., HUN, S., IAKIMOVA, G., LOZADA, J., ANASTASSOVA, M., SANTOS, A., y ASKENAZY, F. (2014). Facing the challenge of teaching emotions to individuals with low-and high-functioning autism using a new serious game: a pilot study. *Molecular Autism*, 5(1), 1-17. <https://doi.org/10.1186/2040-2392-5-37>
- SHAMSUDDIN, S., YUSSOF, H., ISMAIL, L. I., MOHAMED, S., HANAPIAH, F. A. y ZAHARI, N. I. (2012). Initial response in HRI-a case study on evaluation of child with autism spectrum disorders interacting with a humanoid robot Nao. *Procedia Engineering*, 41, 1448-1455. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.07.334>
- SO, W. C., WONG, M. K., LAM, W. Y., CHENG, C. H., KU, S. Y., LAM, K. Y., HUANG, Y. y WONG, W. L. (2019). Who is a better teacher for children with autism? Comparison of learning outcomes between robot-based and human-based interventions in gestural production and recognition. *Research in Developmental Disabilities*, 86, 62-75. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2019.01.002>
- SO, W. C., WONG, M. K., LAM, C. K., LAM, W. Y., CHUI, A. T., LEE, T. L., NG, H. M., CHAN, C. H. y FOK, D. C. (2018). Using a social robot to teach gestural recognition and production in children with autism spectrum disorders. *Disability and Rehabilitation. Assistive Technology*, 13(6), 527-539. <https://doi.org/10.1080/17483107.2017.1344886>
- SO, W. C., WONG, M. K., LAM, W. Y., CHENG, C. H., YANG, J. H., HUANG, Y., NG, P., WONG, W. L., HO, C. L., YEUNG, K. L. y LEE, C. C. (2018b). Robot-based intervention may reduce delay in the production of intransitive gestures in Chinese-speaking preschoolers with autism spectrum disorder. *Molecular Autism*, 9, 34. <https://doi.org/10.1186/s13229-018-0217-5>
- SOSNOWSKI, D. W., STOUGH, C. O., WEISS, M. J., CESSNA, T., CASALE, A., FORAN, A., ERWINSKI, M., WILSON, J., FARBER, S. A. y FARBER, M. A. (2022). Brief report: a novel digital therapeutic that combines applied behavior analysis with gaze-contingent eye tracking to improve emotion recognition in children with autism spectrum disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 52(5), 2357-2366. <https://doi.org/10.1007/s10803-021-05101-w>

DESARROLLO DE LA COMPRENSIÓN EMOCIONAL ¿QUÉ TIPO DE TECNOLOGÍA PARA QUÉ
ALUMNO CON TRASTORNO DEL ESPECTRO AUTISTA? REVISIÓN SISTEMÁTICA
M.^a I. GÓMEZ LEÓN

- TANAKA, J. W., WOLF, J. M., KLAIMAN, C., KOENIG, K., COCKBURN, J., HERLIHY, L., BROWN, C., STAHL, S. S., SOUTH, M., MCPARTLAND, J. C., KAISER, M. D. y SCHULTZ, R. T. (2012). The perception and identification of facial emotions in individuals with autism spectrum disorders using the Let's Face It! Emotion Skills Battery. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, and Allied Disciplines*, 53(12), 1259-1267. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2012.02571.x>
- TANAKA, J. W., WOLF, J. M., KLAIMAN, C., KOENIG, K., COCKBURN, J., HERLIHY, L. y SCHULTZ, R. T. (2010). Using computerized games to teach face recognition skills to children with autism spectrum disorder: the Let's Face It! program. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 51(8), 944-952. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2010.02258.x>
- THOMER, M. L., SMITH, R. A., LOPATA, C., VOLKER, M. A., LIPINSKI, A. M., RODGERS, J. D., McDONALD, C. A. y LEE, G. K. (2015). Randomized controlled trial of mind reading and in vivo rehearsal for high-functioning children with ASD. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 45(7), 2115-2127. <https://doi.org/10.1007/s10803-015-2374-0>
- VOSS, C., SCHWARTZ, J., DANIELS, J., KLINE, A., HABER, N., WASHINGTON, P., TARIQ, Q., ROBINSON, T. N., DESAI, M., PHILLIPS, J. M., FEINSTEIN, C., WINOGRAD, T. y WALL, D. P. (2019). Effect of wearable digital intervention for improving socialization in children with Autism Spectrum Disorder: a randomized clinical trial. *JAMA Pediatrics*, 173(5), 446-454. <https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2019.0285>
- WALL, N. G., SMITH, O., CAMPBELL, L. E., LOUGHLAND, C., WALLIS, M., HENSKENS, F. y SCHALL, U. (2021). E-technology social support programs for autistic children: can they work? *World Journal of Psychiatry*, 11(12), 1239-1246. <https://doi.org/10.5498/wjp.v11.i12.1239>
- WILLIAMS, B. T., GRAY, K. M. y TONGE, B. J. (2012). Teaching emotion recognition skills to young children with autism: a randomised controlled trial of an emotion training programme. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 53(12), 1268-1276. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2012.02593.x>
- YAN, Y., LIU, C., YE, L. y LIU, Y. (2018). Using animated vehicles with real emotional faces to improve emotion recognition in Chinese children with autism spectrum disorder. *PLoS one*, 13(7), e0200375. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200375>
- YOUNG, R. L. y POSSELT, M. (2012). Using the transporters DVD as a learning tool for children with autism spectrum disorders (ASD). *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 42(6), 984-991. <https://doi.org/10.1007/s10803-011-1328-4>
- ZHENG, Z., NIE, G., SWANSON, A., WEITLAUF, A., WARREN, Z. y SARKAR, N. (2020). A randomized controlled trial of an intelligent robotic response to joint attention intervention system. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 50(8), 2819-2831. <https://doi.org/10.1007/s10803-020-04388-5>