



**Universidad  
Zaragoza**

## **TRABAJO FIN DE GRADO**

"La robótica aplicada al TEA"

**Alumna: Mairita del Cisne Jumbo  
Castillo**

**NIA: 720023**

**Director/a: Magdalena Méndez-López**

Grado de Psicología

**AÑO ACADÉMICO 2018-2019**



**Facultad de  
Ciencias Sociales  
y Humanas - Teruel**  
**Universidad Zaragoza**

## Índice

<b>Índice</b> .....	1
<b>Resumen</b> .....	1
<b>Abstract</b> .....	1
<b>Introducción</b> .....	2
<b>Método</b> .....	5
<b>Resultados</b> .....	5
Imitación .....	5
Interacción social .....	7
Atención conjunta .....	11
<b>Discusión</b> .....	12
<b>Conclusiones</b> .....	14
Limitaciones y futuras líneas de investigación .....	14
<b>Referencias bibliográficas</b> .....	16
<b>Anexos</b> .....	21
Anexo A .....	21
Anexo B .....	22

### **Resumen**

El Trastorno del Espectro Autista (TEA) es un trastorno del neurodesarrollo que se caracteriza por dificultades en la interacción y comunicación social, y por patrones de conducta repetitivos y restrictivos. Actualmente, el ámbito tecnológico ha crecido notablemente, concretamente el área de la robótica, dando paso a nuevos posibles métodos de intervención terapéutica. Gracias a la simplicidad y a las respuestas predecibles del robot, hacen que el uso del robot en el entorno terapéutico se vuelva un ambiente idóneo para trabajar con los TEA. En esta revisión bibliográfica se reflejan las implicaciones positivas que se han encontrado en diferentes estudios tras su aplicación en el área de imitación, de interacción y de atención conjunta.

*Palabras clave:* autismo; robots sociales; herramienta terapéutica; rehabilitación.

### **Abstract**

Autism Spectrum Disorder (ASD) is a neurodevelopmental disorder characterized both by difficulties in social interaction and communication and by repetitive and restrictive behavior patterns. Currently the technological field has grown significantly, especially in the area of robotics, giving way to new possible methods of therapeutic intervention. Due to their simplicity and their predictable responses, the robots can be used ideally in the therapeutic environment working with ASD. This literature review reflects the positive implications that have been found in different studies which applied them in the areas of imitation, interaction and joint attention.

*Keywords:* autism; social robots; therapeutic tool; rehabilitation.

## Introducción

La primera definición de autismo la enunció Kanner en 1943. En esta definición destaca que las personas con autismo tienen problemas a la hora de mostrar afecto a otras personas. No obstante, Brauner y Brauner (1978) revelan que fue Bleuler quien hizo el primer uso de la palabra autista para “describir las alteraciones sufridas por pacientes psiquiátricos en torno al pensamiento y a la pérdida de contacto con la realidad”.

Otras definiciones sobre el autismo las dieron Tinbergen y Tinbergen (1972) quienes se referían al autismo como una carencia de comunicación visual; Rutter y Lockyer (1967) ponían más hincapié en los problemas en el logro del lenguaje; y Paluszny (1987) se refería al autismo como un conjunto de síntomas relacionados con la falta de socialización y de comunicación, conductas repetitivas y dificultades en el cambio.

Desde la primera vez que se introdujo el autismo en la tercera versión del DSM (1980) se han producido numerosos e importantes cambios hasta llegar a la denominación que actualmente conocemos como Trastorno del Espectro Autista (TEA). Esta reciente denominación engloba tanto a los ya llamados autistas, como a los asperger, como a los que tienen un trastorno generalizado del desarrollo no especificado (citado en Noguera, Aldunate y García, 2015).

Noguera et al. (2015) señalan que el TEA se caracteriza por tener dificultades en la interacción y comunicación social, y por intereses, actividades o conductas repetitivas y restrictivas. Además, añaden que estos síntomas aparecen a una edad muy temprana, y en el futuro pueden provocar problemas en diferentes ámbitos de la vida, como en el social y laboral. Estas características se pueden englobar en lo que Wing (1997) denominó la “triada de Wing”, que hace referencia a tres aspectos importantes de los TEA: deterioros significativos tanto en la interacción social como en la comunicación verbal y no verbal, y la imaginación.

Según aparece en Reynoso, Rangel y Melgar (2015) los síntomas cambian mucho de un individuo a otro, y dependiendo de si la sintomatología es muy grave o más leve, hace que el TEA pueda aparecer más pronto o más tardíamente. Sin embargo, lo normal es que los primeros síntomas aparezcan a los 18 meses llegando a culminarse a los 3 años. Hernández, Artigas, Martos, Palacios, Fuentes, Belinchón et al. (2005) señalan que las familias comienzan a angustiarse más por el curso de desarrollo de su bebé cuando el niño alcanza entre los 15-18 meses de edad. Actualmente, no se sabe con certeza cuál es la causa del TEA, lo que sí que se sabe es que es un trastorno multifactorial, en el que el ambiente y genética influyen

conjuntamente (Muhle, Trentacoste y Rapin, 2005; Reynoso et al., 2015).

En estos últimos años, la prevalencia del autismo ha aumentado notablemente. Los resultados de una investigación llevada a cabo por Kogan, Blumberg, Schieve, Boyle, Perrin, Ghandour et al. (2009) muestran que alrededor de 110 niños estadounidenses de 10.000 podrían ser diagnosticados con un TEA en el futuro. En España, un reciente estudio llevado a cabo por Fortea, Escandell y Castro (2013) en las Palmas de Gran Canaria revela que la prevalencia del trastorno es del 0,61% (1/164). Pinel, Rendón y Roig (2018) reflejan en su estudio los datos del Ministerio de Sanidad y Servicios Sociales sobre la prevalencia del TEA mostrando un total de 450000 casos diagnosticados en España en estos últimos años. Sin embargo, aún no está del todo claro si este crecimiento se debe a que se ha extendido el rango de criterios diagnósticos del TEA en la última versión con respecto al DSM IV, por una mayor preocupación de este trastorno o porque verdaderamente la frecuencia de prevalencia del autismo ha crecido (American Psychiatric Association, 2014).

Debido al creciente aumento de casos diagnosticados de TEA, y pese a la poca eficacia de los tratamientos actuales, se ve la necesidad de buscar nuevas alternativas de tratamiento para mejorar la calidad de vida de estas personas (Pinel, Rendón y Roig, 2018).

Gracias a los nuevos avances de la tecnología se ha generado un auge en el área de la robótica abriendo camino a nuevas posibles aplicaciones en el tratamiento del TEA (Aziz, Moganan, Ismail y Lokman, 2015; Contil, Di Nuovo, Buono y Di Nuovo, 2017).

La palabra “robótica” engloba a una multitud de subáreas de investigación. Una de ellas se conoce como “robótica social” y hace referencia a los robots que interactúan directamente con el entorno (Fong, Nourbakhsh y Dautenhahn, 2003). Según Dautenhahn (2007), los robots sociales tienen la capacidad de captar y manifestar emociones, mantener relaciones sociales, comunicarse de manera verbal y no verbal, y utilizar gestos, miradas entre otros. Otra subárea es conocida como “robots de asistencia” (Miller, 1998). En este caso la función que cumplen estos robots es la de ayudar a las personas con discapacidades físicas o del neurodesarrollo.

Tras la combinación de las anteriores mencionadas nacen los “robots de asistencia social” (SAR), otra subárea de la robótica, que fueron diseñados con la finalidad de ayudar a las personas con diferentes necesidades o dificultades, tanto sociales, físicas como de interacción (Feil-Seifer y Mataric, 2005; Bernier et al., 2012).

Según Robins, Dautenhahn, Boekhorst y Billard (2005) utilizar los SAR en terapia ofrece

la oportunidad de practicar la imitación e interacción impulsando los comportamientos sociales autónomos, además de disminuir los comportamientos estereotipados (Luthffi, Syamimi, Hanafiah, Fazah y Ismarruibie, 2012) y potenciar la comunicación de los niños autistas (Huskens, Verschuur, Gillesen, Didden y Barakovak, 2012; Luthffi et al., 2012). Además, en los diversos artículos encontrados, muchos autores coinciden en que los niños autistas muestran cierta atracción por la tecnología, y especialmente por los robots (Cruz et al., 2014; Pennisi et al., 2015).

Cruz y Salazar (2014) opinan que lo que hace que un robot sea interesante o llamativo para un niño con TEA es su conducta predecible y constante. En el artículo de Pinel et al. (2018) se reflejan numerosas ventajas del uso de los robots expuestos por diferentes autores. Algunos de los aspectos más relevantes de trabajar en terapia con robots son: la manera más sencilla que tienen los TEA para interactuar con el entorno al volverse este más repetitivo y monótono; y la reducción de las situaciones generadoras de estrés social provocadas en la vida real, convirtiéndose así la terapia en un entorno seguro para el individuo.

Dos factores son destacados por Tennyson, Kuester, Casteel y Nikolopoulos (2016) como factores importantes en las intervenciones con niños con TEA y que podrían asegurar el éxito en terapia: la familiaridad y la repetición. El problema es que, en interacciones de humano a humano, las respuestas son impredecibles lo que causaría un obstáculo en el logro de habilidades para los TEA. Estos autores apuntan que, disminuyendo las interacciones impredecibles en terapia junto con la utilización de robots, potenciar los comportamientos sociales podría ser factible. Por este motivo, autores como Pennisi et al. (2015) opinan que los robots podrían ser de gran utilidad para tratar el TEA.

Con todo lo expuesto anteriormente, y sabiendo que los robots pueden ser herramientas útiles para trabajar conjuntamente con el terapeuta en terapia, el objetivo que nos proponemos con este trabajo de revisión consiste en realizar una revisión bibliográfica de estudios sobre el uso y utilidad del robot en terapia para mejorar las habilidades afectadas en niños con TEA. Sabiendo que los TEA se caracterizan por déficits en la comunicación e interacción social, y por patrones repetitivos de conducta, nos centraremos en aquellos estudios que utilicen el robot para elicitación, aprender o practicar aquellas conductas objetivo mencionadas anteriormente.

Para concluir, analizaremos los datos encontrados, expondremos las conclusiones halladas y las limitaciones encontradas, y finalmente, propondremos posibles trabajos futuros.

### **Método**

Para llevar a cabo la revisión sobre el tema se ha seguido un proceso de búsqueda y selección de artículos recopilando la información necesaria proveniente de la base de datos Web of Science (WOS).

Como estrategia de búsqueda en WOS, las palabras clave empleadas fueron “autism”, “robot”, “ASD”, la combinación de “autism”, “therapeutic tool” y “robotic”, “social robot” y “autism”, “autism”, “robotics y “rehabilitation”, “autism spectrum disorder”, “social robots”. Se acotó la búsqueda aplicando el filtro de años de publicación, reduciendo la búsqueda de artículos a solamente los publicados entre 2014-2019, de acceso abierto, idioma predominante el inglés, y que el tipo de documento fuera una revista o una revisión.

Como se muestra en la Figura 1 (Anexo A) el criterio empleado para la primera selección de artículos fue que estuvieran relacionados con el tema de estudio, leyendo el título de los artículos y el abstract. Se seleccionaron doce artículos. De esos doce, se hizo una reelección de los estudios haciendo una lectura más crítica. De los seleccionados se descartaron 5 artículos por centrarse más en la tecnología en general (avatares, tablets, realidad virtual), quedándonos finalmente con 7 artículos, de los cuales dos eran revisiones sistemáticas. Por último, se organizó la información encontrada en los artículos para responder a nuestros objetivos propuestos y se pasó a redactar la revisión.

### **Resultados**

Mencionadas más arriba las características de los TEA, pasaremos a comentar detalladamente la aplicación del robot para provocar una conducta objetivo en cada una de las áreas afectadas mencionadas al principio. Comenzaremos por el área de la imitación (Warren, Zheng, Das, Young, Swanson, Weitlauf y Sarkar, 2015), seguida de la interacción social (Aziz, Moganan, Isamil y Lokman, 2015; Bharatharaj, Huang, Krägeloh, Elara y Al-Jumaily, 2018; Bharatharaj, Huang, Mohan, Al-Jumaily y Krägeloh, 2017), y finalizaremos con la atención conjunta como conducta prosocial (Warren, Zheng, Swanson, Bekele, Zhang, Crittendin, Weitlauf y Sarkar, 2015).

#### **Imitación**

En el artículo de Warren et al. (2015), estos autores desarrollan un nuevo sistema robótico mejorando su autonomía y su adaptación en las tareas de imitación. En el desarrollo del estudio,

el grupo con desarrollo típico y el grupo con TEA tuvieron que realizar una serie de imitación de movimientos (elevar una mano, elevar las dos, hacer una ola y extender los brazos hacia los lados) tanto en presencia del robot humanoide NAO como del humano. Además, este estudio contaba con un sistema de feedback a tiempo real durante el desarrollo de las sesiones.

La muestra recogida de la base de datos de la universidad de Vanderbilt en Nashville estaba compuesta por 16 niños, de los cuales 8 niños tenían TEA y 8 un desarrollo típico. Cabe señalar que algunos niños, tanto con TEA como sin el trastorno, no pudieron terminar el estudio debido a que mostraron un estrés en presencia del robot. Para seleccionar la muestra de niños con autismo se utilizaron los criterios diagnósticos del DSM-IV-TR (APA, 2000) y la Escala de Observación para el Diagnostico del Autismo (ADOS; Lord et al., 2012). Los padres de ambos grupos completaron el Cuestionario de Comunicación Social (SCQ; Rutter et al., 2010) y la Escala de Respuesta Social (SRS; Constantino y Gruber, 2002) para detectar algún posible síntoma relevante de autismo en la muestra de niños con desarrollo típico, y síntomas actuales de los niños con TEA.

Los resultados obtenidos del estudio de Warren et al. (2015) se miden según la atención mostrada hacia el robot o hacia el humano, y según si la tarea se había culminado con éxito o no. Además, se analizaron las diferencias tanto entre los dos grupos de la muestra, como entre los individuos de cada grupo. En el primer caso, los investigadores trabajaron con la postura de la cabeza como indicador de la mirada, y calcularon el porcentaje total que dedicó cada participante de cada grupo a observar al administrador (robot o humano). Se utilizó la prueba de rangos de Wilcoxon y no se observaron diferencias significativas en la atención proyectada a ambos administradores entre ambos grupos. Aunque, como cabía esperar, los niños con TEA dedicaron más tiempo a observar al robot que al humano. En cuanto al segundo aspecto a comentar de los resultados, es decir, si la tarea se había realizado con éxito o no en presencia del humano o del robot, se observó que en el grupo de los niños con TEA las tareas de imitación mejoraron considerablemente en la condición del robot antes que en la humana. Por su parte, los niños con desarrollo típico obtuvieron buenos resultados tanto en la condición de robot como en la humana. En los resultados se puede apreciar como 3 de los 8 niños con TEA mejoran en tareas de imitación cuando trabajan con el robot, a diferencia de la condición humana. Sin embargo, un niño no presenta mejoras.

## **Interacción social**

En este apartado expondremos tres estudios realizados en 2015 y 2018 (Aziz et al., 2015; Bharatharaj et al., 2018; Bharatharaj et al., 2017). Estos tres estudios presentados se centran en la aplicación del robot en terapia para mejorar el área de la interacción social.

En el caso del estudio de Aziz et al. (2015) utiliza un robot humanoide muy conocido, NAO, para elicitarse en el niño con autismo la expresión de emociones y sentimientos, que como ya sabemos, tienen dificultad en reconocer y expresar las emociones de su entorno (Harms, Martin, y Wallace, 2010; Uljarevic, y Hamilton, 2013). En las investigaciones de Bharatharaj et al. (2017) y Bharatharaj et al. (2018) utilizan un robot terapéutico en forma de pájaro.

La muestra reclutada de Aziz et al. (2015) fue la más pequeña (n=3), en comparación con los otros dos estudios, de los cuales dos fueron diagnosticados con TEA y el tercero tenía un desarrollo típico. La muestra de Bharatharaj et al. (2017) se constituyó de 9 niños con TEA de entre 6 y 16 años, y la de Bharatharaj et al. (2018) de 10 niños con TEA de 7 a 11 años.

Pasaremos a comentar brevemente algunos aspectos relevantes de cada uno de los tres estudios por separado, y analizaremos los resultados de cada uno.

El estudio de Aziz et al. (2015) constaba de cuatro módulos con diferentes actividades propuestas y en los cuales el robot interactuaba con el niño, y, además, se captaba las emociones expresadas del niño hacia el robot. Una fase importante antes de comenzar con el primer módulo es la presentación del robot al niño para que se habitúe a su presencia. En el primer módulo el robot NAO comienza con los saludos, en el segundo se enseña el significado de la palabra “por favor” y antes de comenzar el tercer módulo se toma un descanso de 3 minutos. En el tercero, NAO hace una pregunta de la posición de un objeto (en este caso la basura) y finalmente, en el cuarto el robot propone al niño bailar y cantar juntos. En su conjunto, la actividad no lleva más de 10 minutos. En cada uno de los módulos se registraban las emociones expresadas por cada niño tras la interacción con el robot NAO.

Para una mejor interpretación de los resultados obtenidos, los datos se reflejaron en un gráfico en el que se mostraba las respuestas emocionales de cada niño para cada módulo diferente. Estos resultados muestran que efectivamente los niños expresan sus emociones tras la interacción con el robot humanoide, y, además, estas emociones son mayoritariamente positivas tanto para los sujetos con TEA como para el sujeto con desarrollo típico (amigable, estimulante, divertido). En la primera actividad (primer módulo) de los saludos, las respuestas emocionales

del sujeto con desarrollo típico y de uno de los niños con TEA (sujeto 2) fueron similares, siendo para ambos la primera vez que interactuaban con un robot. Sin embargo, para el otro sujeto con TEA (sujeto 1) se observaron diferencias con respecto a los dos otros niños en este primer módulo, puntuando más bajo en las emociones positivas. Los autores sugieren que estas diferencias podrían ser explicadas debido a que no era la primera vez que interactuaba con el robot humanoide NAO. La primera vez que interactuó con el robot NAO este era de color naranja, y en el actual estudio era de color azul. El sujeto 1 mostró conductas de intento de retirada del experimento, y calificó al nuevo robot como “poco atractivo”. En esta situación se refleja claramente una de las características significativas de los niños con TEA, el rechazo a los cambios.

Pasando al módulo 2 (significado de “por favor”), el sujeto 1 y el niño con desarrollo típico mostraron puntuaciones más bajas en la emoción positiva. Esto se explica debido a que en esta actividad la interacción con el robot y sus movimientos eran escasos, es decir, el ritmo de las actividades era insuficiente lo que provocó que los niños se aburriesen. Resultados diferentes se observan en el módulo 3 y 4. Aquí, la interacción de NAO con los niños fue más alta, hablaba y se movía mucho más. Tanto para el sujeto 1 como para el sujeto 2 las puntuaciones positivas fueron altas (divertido, entretenido, estimulante, etc). Aunque también se observaron emociones negativas en el sujeto 1, los investigadores recalcan que fue debido a que el sujeto no tenía una buena base en inglés, lo que le costó involucrarse en la actividad con NAO.

Para concluir, se ha visto cómo tanto los niños con TEA como el niño con desarrollo típico disfrutaban de la interacción con el robot humanoide NAO, reflejándose en las puntuaciones altas en emociones positivas. También se han visto diferencias dependiendo de la interacción en los módulos, viéndose mejores resultados si el robot interactúa, habla y se mueve más que si no (módulo 3 y 4).

Los participantes de la investigación de Bharatharaj et al. (2017) fueron seleccionados de una escuela especial de la India, y se les administró el Test Infantil del Síndrome Asperger (CAST; William et al., 2005) para evaluar su grado de severidad de síntomas. Se utilizaron tanto métodos cualitativos (entrevistas informales y semi-formales) como cuantitativos (cuestionario) para recopilar información. Aparte de estos dos métodos, también se utilizó una técnica de reconocimiento de emociones (Oxford Emotion API; 2016) con el fin de clasificar las expresiones faciales de los niños ante la presencia del robot pájaro, Kiliro. Se realizaron 3

sesiones diarias durante 5 días, con una duración de 15 minutos cada una, es decir, en total el estudio constó de 15 sesiones.

Kiliro tuvo que realizar 4 tareas. En la primera, se presentó el robot a los participantes con el fin de observar la aceptación e interés que despertaba Kiliro en los niños. En la segunda, se enseñó el alfabeto al robot, y en la tercera los números. En estas dos últimas sesiones se vio la capacidad de aprendizaje que tenía Kiliro al responder correctamente a las preguntas que le hicieron con respecto a la identificación de una letra o un número. Finalmente, la cuarta tarea trataba del reconocimiento de individuos, esto es, se le presentaba un individuo a Kiliro y este tenía que responder la relación que había entre dos personas (madre/padre-hijo, etc). Hay que recalcar que todos estos aprendizajes iban precedidos de un entrenamiento previo.

Como hemos señalado antes, en este estudio Bharatharaj et al. (2017) utilizaron el Método Modelo-Rival Adaptado (AMRM) con el fin de mejorar la interacción social y el aprendizaje en niños con TEA. El objetivo que tiene la utilización de este modelo en la terapia con los niños con TEA es que, al enseñar el experimentador al robot delante de los niños, de alguna manera se despierta la curiosidad de los TEA, llegando a “competir” contra el robot en la identificación de los objetos, individuos, etc, que mostraba el examinador.

Los resultados encontrados en este estudio mostraron un aumento de la interacción entre los TEA y el robot, además de una actitud positiva. Se observó un cambio desde la primera sesión hasta la quinta, siendo menos interactiva en la primera. Cuatro de los nueve niños mostraron una fijación en Kiliro cuando este comenzó a moverse, y en general, cuando empezó a interactuar verbalmente con el experimentador la atracción por el robot aumentó aún más. Cabe destacar que uno de los participantes agarró al robot y comenzó a interactuar con él.

En general, en todas las entrevistas pasadas a padres, psicólogos infantiles y pediatras, los resultados de los análisis cualitativos mostraron que había una buena aceptación del uso del modelo AMRM y del robot Kiliro en terapia como método para ayudar a mejorar la interacción y el aprendizaje social de estos niños con TEA.

En cuanto al análisis cuantitativo, los resultados del sistema de reconocimiento de emociones mostraron las expresiones que más expresaban los niños fueron la felicidad, neutralidad, tristeza y sorpresa a lo largo de los 5 días. De entre ellas, la neutralidad fue las más común entre los TEA llegando a un 83% en el segundo día, y descendiendo a 59,5% el 4 día; la felicidad fue en aumento desde el segundo al quinto día; la tristeza varió bastante en todo el

estudio, siendo más alto el porcentaje el cuarto día; y finalmente la sorpresa, parecido a la felicidad, fue creciendo a lo largo de los 5 días.

El cuestionario de escala Lickert que se administró a los nueve padres muestran puntuaciones altas en la recomendación y aceptación del uso del robot y del método AMRM como nueva vía de aprendizaje para los TEA.

La muestra del estudio de Bharatharaj et al. (2018) se reclutó de un colegio especial en la India y fueron diagnosticados por pediatras y psicólogos infantiles. Los padres completaron el Test Infantil del Síndrome Asperger (CAST; William et al., 2005) para evaluar los síntomas del TEA en sus hijos. Solo fueron seleccionados aquellos niños que puntuaron por encima o igual a 17 puntos en CAST, todos los demás fueron descartados.

La duración de la intervención duró 3 días y estaba compuesta por 3 sesiones de 15 minutos cada una, habiendo un periodo de descanso de 15 minutos entre una sesión y otra.

Los resultados obtenidos se recogieron siguiendo el diseño ABC con el objetivo de observar las mejoras o no en la interacción de los TEA: (A) línea base, es decir, sin interacción humano-robot; (B) con interacción del humano; y (C) con interacción del robot.

Para la línea base (A) se reunieron a los 10 niños y se recogieron los datos de cada uno al realizar cada uno de los 12 comportamientos propuestos. Algunos de esos comportamientos propuestos son: mirar a la persona/robot (al menos 10 veces), acercarse a la persona/robot (al menos dos veces), tocar a la persona/robot (una vez al menos), entablar una comunicación verbal o no verbal con la persona/robot (al menos 3 veces), acercarse a otros participantes (2 veces al menos), tocar a otros participantes (una vez al menos), sonreír o reírse como respuesta a una acción que han hecho persona/robot (al menos 3 veces), etc. Los datos fueron registrados con un 'Sí' cuando los niños realizaron con éxito los comportamientos con los requisitos impuestos.

Para las condiciones B (humano-humano) y C (humano-robot) se realizaron 3 sesiones en ambas. Para comenzar, en la primera sesión se coloca a la persona/robot (dependiendo de si se está en la condición B o C) en medio de la sala con la tarea de atender a las conductas de los niños cuando se introducía un nuevo miembro/robot en la sala. En la segunda, la persona/robot repetía los números y el alfabeto en inglés que provenían de un audio. Y finalmente en la tercera sesión el robot/persona cantaron dos canciones típicas de la región, con la diferencia de que en la condición humana la persona apenas se movía, mientras que en la otra condición Kiliro realizó más movimientos, agitando sus alas y su cabeza.

Para determinar las diferencias encontradas entre la condición humana (B) y la condición de Kiliro (C) también se anotaron los fallos cometidos por los participantes al intentar comenzar una interacción. Los resultados del estudio muestran mejores actuaciones en la condición del robot que en la humana. Además, estos intentos fallidos disminuyeron a través de las sesiones, recogiendo valores más bajos en la sexta sesión. En esta última sesión también se percibieron niveles más altos de interacción que justo coincidían con la sesión en la que Kiliro cantaba una canción regional.

Para ver si se observaban diferencias significativas entre la condición humana y la del robot, se realizó una prueba t para muestras pareadas. Los resultados mostraron diferencias estadísticamente significativas entre ambas condiciones, viéndose cómo introducir un robot en terapia tiene mejores resultados en la interacción social.

### **Atención conjunta**

En el estudio de Warren et al. (2015), proponen una intervención con el robot NAO con el que se dan indicaciones para fomentar la atención conjunta.

La muestra la formaron 6 niños seleccionados de la base de datos de la Universidad de Vanderbilt. Todos los niños fueron diagnosticados siguiendo los criterios del DSM-IV-TR (APA, 2000), y superaron la puntuación mínima en la Escala de Observación para el Diagnóstico del Autismo (ADOS; Gotham et al., 2007, 2009; Lord et al., 1999, 2000). La investigación tuvo una duración de 4 sesiones compuesta por ocho ensayos cada una, un total de 32 ensayos. El aparato utilizado para contabilizar las veces en las que el niño presta atención al robot fue el rastreador ocular Tobii120.

Al inicio de cada sesión, después de la calibración del ojo, el robot hacía la primera intervención con el niño saludándole y proponiéndole jugar. En cada ensayo había seis niveles de indicaciones. El objetivo que le proponía observar NAO se colocaba aleatoriamente en la parte izquierda o derecha del robot, tras la indicación de mirar el objeto el niño tenía siete segundos para dirigir su mirada hacia el objetivo. Las respuestas se apuntaban tanto si dentro de los siete segundos el niño dirigía su mirada hacia el objetivo como si no, y se pasaba a la siguiente indicación para llegar a las 6 indicaciones. Sin embargo, solo recibía una recompensa (clip de una cara infantil) si la respuesta se daba dentro de esos siete segundos.

Los resultados se analizaron en función de la ejecución de las tareas de los niños a las indicaciones recibidas por el robot en cada una de las sesiones, y el tiempo total que prestaron

atención en el conjunto de las sesiones al robot NAO.

Los resultados reflejan un claro descenso en el número de indicaciones necesarias para que los niños fijasen la mirada con éxito desde la primera sesión hasta la cuarta. En la primera sesión la media de aciertos con éxito al blanco fue de 2.17, y la cuarta sesión descendió a 1.44, siendo esta diferencia significativa ( $p=.003$ ). Los participantes se mostraban más activos y respondían más rápido a las indicaciones 5 y 6 las cuales se presentaban en forma de audio y/o video, viéndose una media de respuestas en la sesión 1 del 52,8% y en la cuarta del 81,25% ( $p<.05$ ).

Con respecto a la atención recibida al robot, los participantes observaron al robot en una media del 14,75% en las 4 sesiones. Y dentro de los 7 segundos de margen para responder a las indicaciones, los niños fijaron su mirada en el robot en un 24,80% en los 32 ensayos.

### **Discusión**

El objetivo de este trabajo de revisión consistía en observar cuáles eran las aplicaciones que tenía el robot en la terapia de los TEA, y ver si utilizándolos como herramienta adicional en el entorno terapéutico se podían ver mejoras en las áreas deficitarias de los niños con TEA.

Tras el análisis de los estudios encontrados, en general se puede confirmar que la utilización de los robots en el contexto terapéutico ha demostrado ser más eficiente de manera significativa en las áreas de relaciones sociales (Aziz et al., 2015; Bharatharaj et al., 2017; Bharatharaj et al., 2018), de imitación (Warren et al., 2015) y de conductas prosociales como la atención conjunta (Warren et al., 2015).

Tras la creación de un nuevo sistema robótico, Warren et al. (2015), en su estudio de la imitación, demostraron que la aceptación del robot fue buena tanto en la muestra de los niños con desarrollo típico como en la muestra con TEA, mostrando unos resultados de tareas completadas de 66% para los TEA y de un 80% para los niños con desarrollo típico. En cuanto al tiempo dedicado en observar al robot en comparación al humano, hubo diferencias entre los grupos, siendo los TEA el grupo que más tiempo permaneció con la mirada fijada en el robot. Estos resultados se corroboran con estudios preliminares, como por ejemplo el de Pierno et al. (2008). Este estudio muestra cómo el grupo de niños con TEA tiene una mayor rapidez en realizar el movimiento de agarrar una pelota cuando previamente se le enseña el movimiento de agarre por un robot que por un humano, a diferencia del grupo de niños con desarrollo típico que ocurre lo contrario. También se puede reflejar en la investigación de Srinivasan et al. (2011) en

el que también se muestran cómo la muestra de niños con TEA obtuvo mejores resultados en las pruebas de imitación de movimientos de karate y baile en la condición de robots que en la condición humana.

En el estudio de Duquette et al. (2008) los resultados obtenidos verifican que el interés de los niños en tareas de imitación es mayor en la condición de los robots que en la de humanos. Sin embargo, los resultados en el desempeño mostrado por los TEA en la imitación de las conductas verbales, no verbales, en los movimientos del cuerpo o acciones en la interacción de los robots fueron menores, aunque no significativamente. Pese a estos datos enriquecedores, una importante limitación del estudio de Warren et al. (2015) fue el sistema de calificación que se utilizó para decir si un niño mostraba atención a través de la mirada, pues la posición de la cabeza no determina de una manera realista que el niño esté atendiendo.

En el trabajo de atención conjunta Warren et al. (2015), el 83% de la muestra que componía el estudio (5 de los 6 niños) mostró mejorías en la atención conjunta en presencia del robot. Siguiendo las líneas de investigaciones previas, en este estudio los TEA respondieron bien a las indicaciones del robot dentro del margen de respuesta que tenían fijado, como también se plasma en el estudio de Bekele et al. (2013). Asimismo, el elevado tiempo total que pasaron los TEA mirando al robot se corrobora con estudios previos de Dautenhahn et al. (2002) y Bekele et al. (2013).

En el área de la interacción, los estudios de Bharatharaj et al. (2017), Bharatharaj et al. (2018) centrados en las habilidades sociales, y el estudio de Aziz et al. (2015) en las respuestas emocionales, muestran resultados positivos.

En el primero, se vio que el uso del robot Kiliro y el método AMRM mejoran las interacciones y el aprendizaje social. No obstante, las entrevistas realizadas a los padres al hacerlas en grupo pudieron ocasionar que se contaminaran unas respuestas con otras. Por otro lado, el cuestionario utilizado se creó específicamente para ese estudio lo que pudo dar problemas de fiabilidad, y además, el sistema de recogida de información sobre las emociones no se guardó para cada participante provocando que al final se tuviera que trabajar con valores medios.

Los resultados del trabajo de Bharatharaj et al. (2018), al igual que el estudio mencionado previamente, muestran la capacidad que tiene el robot para mejorar las interacciones con el entorno. Mismos resultados se manifiestan en estudios previos como por ejemplo en Kim et al.

(2013), que muestra las mejoras en la comunicación con el adulto cuando interactúa con un robot dinosaurio; o en el trabajo de Lee et al. (2012), que demostró cómo los niños con TEA tenían preferencia por robots que hablaban en las intervenciones, y seguían con más interés las indicaciones verbales y no verbales del robot antes que del humano.

Por último, en el estudio de Aziz et al. (2015) se observaron que las puntuaciones más altas y emociones positivas se obtuvieron en el cuarto módulo cuando el robot NAO cantaba y se movía.

### **Conclusiones**

Este trabajo de revisión tenía el objetivo principal de observar si la utilidad del robot en el ámbito terapéutico podía mejorar las habilidades afectadas en niños con TEA. Tras los resultados mostrados anteriormente se puede concluir que su uso en terapia mejora habilidades como la atención conjunta, la imitación y la interacción social en niños con TEA

El contexto creado en la terapia con robots permite que los TEA tengan una mejor adaptación al entorno, al volverse más predecible y reducido de estresores ambientales, facilitando así la creación de un ambiente seguro y siendo mejor aceptado por el individuo con el problema.

### **Limitaciones y futuras líneas de investigación**

Si bien los artículos revisados en este trabajo en general han mostrado buenos resultados en el uso de la robótica en el contexto terapéutico, las limitaciones encontradas son también considerables, como, por ejemplo, las pequeñas muestras utilizadas en prácticamente todos los artículos revisados, y la duración del estudio muy corto. Otro factor importante que ha podido limitar a estos estudios ha sido la utilización de sistemas robóticos generales para todos los individuos con TEA. La gran variabilidad del espectro hace que la individualización de la terapia con robots sea una cuestión necesaria para una mejor adaptación del niño, y la consecución de unos resultados mejores.

Para paliar estas flaquezas, los futuros trabajos principalmente deberían emplear muestras más grandes y con una duración de las terapias mucho más amplia, con el fin de poder establecer con una mayor validez resultados significativos; del mismo modo para los robots, utilizar sistemas mejor adaptados y más sofisticados podría mejorar la calidad de las intervenciones. Empleando todo ello junto con el desarrollo de estudios a gran escala en los países sería de gran utilidad para poder llevar a cabo futuras comparaciones de los resultados obtenidos del uso robot

en diferentes partes del mundo.

**Referencias bibliográficas**

- American Psychiatric Association, APA. (1980). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders* (3ª Ed.). Washington, DC: Editorial.
- American Psychiatric Association. (2000). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (4ª Ed.). Washington, DC: Editorial.
- Asociación Americana de Psiquiatría, APA. (2014). *Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales* (5ª Ed.). Arlington, VA: Panamericana.
- Aziz, A., Moganan, F., Ismail, A., & Lokman, A. (2015). Autistic children's Kansei responses towards humanoid robot as teaching mediator. *Procedia Computer Science*, 76, 488-493.
- Bekele, E., Lahiri, U., Swanson, A., Davidson, J., Warren, Z., & Sarkar, N. (2013). Pilot clinical application of an adaptative robotic system for young children with autism. *Autism*, 18(5), 598-608.
- Bharatharaj, J., Huang, L., Krägeloh, C., Elara, M., & Al-Jumaily, A. (2018). Social engagement of children with autism spectrum disorder in interaction with a parrot-inspired therapeutic robot. *Procedia Computer Science*, 133, 368-376.
- Bharatharaj, J., Huang, L., Mohan, R., Al-Jumaily, A., & Krägeloh, C. (2017). Robot-assisted therapy for learning and social interaction of children with autism spectrum disorder. *Robotics*, 6(1), 1-4.
- Brauner, A. & Brauner, F. (1978). *Vivir con un niño autístico*. Barcelona: Paidós.
- Constantino, J., & Gruber, C. (2002). *The Social Responsiveness Scale*. Los Angeles, Calif: Western Psychological Services.
- Contil, D., Di Nuovo, S., Buono, S., & Di Nuovo, A. (2016). Robots in education and care of children with developmental disabilities : A study on acceptance by experienced and future professionals. *International Journal of Social Robotics*, 9, 51-62.
- Cruz, J.C. & Salazar, Y.A. (2014, julio). *Aplicación robótica para realizar terapias en niños con autismo*. Conferencia presentada en el Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions, Guayaquil, Ecuador.
- Dautenhahn, K., Werri, I., Rae, J., Dickerson, P., Stribling, P., & Ogden, B. (2002). Robotics playmates: Analysing interactive competencies of children with autism playing with a mobile robot. En K. Dautenhahn, A. Bond, L. Canamero., et al. (Eds). *Socially intelligent agents creating relationships with computers and robots* (pp. 117-124). The Netherlands:

Kluwer.

Dautenhan, K. (2007). Social intelligent robots : dimensions of human-robot interaction.

*Psicological Transactions of The Royal Society*, 362, 679-704.

Duquette, A., Michaud, F., & Mercier, H. (2008). Exploring the use of a mobile robot as an imitation agent with children low-functioning autism. *Autonomous Robots*, 24, 147-157.

Feil-Seifer, D., Mataric, M.J. (2005). Defining socially assistive robotics. *International Conference on Rehabilitation Robotics*, 465-468.

Fong T., Nourbakhsh I., & Dautenhahn K. (2003). A survey of socially interactive robots.

*Robotics and Autonomous Systems*, 42(3-4), 143–166.

Gotham, K., Pickles, A., & Lord C. (2009). Standardizing ADOS scores for a measure of severity in Autism Spectrum Disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 39(5), 693-705.

Gotham, K., Risi, S., Pickles, A., & Lord, C. (2007). The Autism diagnostic observation schedule (ADOS): Revised algorithms for improved diagnostic validity. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 37(4), 400–408.

Harms, M., Martin, A., & Wallace, G. (2010). Facial emotion recognition in autism spectrum disorders: A review of behavioural and neuroimaging studies. *Neuropsychology Review*, 20(3), 290-322.

Hernández, J. M., Artigas, J., Martos, J., Palacios, S., Fuentes, J., Belinchón, M., & Posada, M. (2005). Guía de buena práctica para la detección temprana de los trastornos del espectro autista. *Revista de Neurología*, 41(4), 237-245.

Hernández, J., Artigas, J., Martos, J., Palacios, S., Fuentes, J., Belinchón, M., & Posada, M. (2005). Guía de buena práctica para la detección temprana de los trastornos del espectro autista. *Revista de Neurología*, 41(4), 237-245.

Huskens, B., Verschuur, R., Gillisen, J., Didden, R., & Barakovak, E. (2012). Promoting question-asking in school-aged children with autism spectrum disorders : Effectiveness of a robot intervention compared to a human trainer intervention. *Developmental Neurorehabilitation*, 16(5), 345-356.

Kanner, L. (1943). Autistic disturbances of affective contact. *Nervous Child*, 2, 217-250.

Kim, E., Berkovits, L., Bernier, E., Leyzberg, D., Shic, F., Paul, R., & Scassellati, B. (2013). Social robots as embedded reinforcers of social behavior in children with autism. *Journal*

- of Autism and Developmental Disorders*, 43(5), 1038–1049.
- Kogan, M., Blumberg, S., Schieve, L., Boyle, C., Perrin, J., Ghandour, R. M., & Van Dyck, P. (2009). Prevalence of parent-reported diagnosis of autism spectrum disorder among children in the US. *Pediatrics*, 124(5), 1395-1403.
- Lee, J., Takehashi, H., Nagai, C., Obinata, G., & Stefanov, D. (2012). Which robot features can stimulate better responses from children with autism in robot-assisted therapy? *International Journal of Advanced Robotics Systems*, 9(3), 72.
- Lord, C., Risi, S., Lambrecht, L., Cook, E., Leventhal, B., DiLavore, P., & Rutter, M. (2000). The Autism Diagnostic Observation Schedule Generic: A standard measure of social and communication deficits associated with the spectrum of autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 30(3), 205-223.
- Lord, C., Risi, S., Lambrecht, L., Cook, E., Leventhal, B., DiLavore, P., & Rutter, M. (2000). The Autism Diagnostic Observation Schedule-Generic: A standard measure of social and communication deficits associated with spectrum of autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 30(3), 205–223.
- Lord, C., Rutter, M., DiLavore, P., Risi, S., Gotham, K., & Bishop, S. (2012). *Autism Diagnostic Observation Schedule, Second Edition (ADOS-2)*. Torrance, CA: Western Psychological Services.
- Lord, C., Rutter, M., DiLavore, P.C., & Risi, S. (1999). *Autism diagnostic observation schedule (ADOS)*. Los Angeles, CA: Western Psychological Services.
- Luthffi, I., Syamimi, S., Hanafiah, A., Fazah, A., & Ismarrubie, N. (2012). Robot-based intervention program for autistic children with humanoid robot NAO : Initial response in stereotyped behavior. *Procedia Engineering*, 41, 1441-1447.
- Miller, D.P. (1998). Assistive robotics : An overview. In *Assistive technology and artificial intelligence* (pp. 126-136). New York: Springer.
- Muhle R., Trentacoste S., & Rapin I. (2004). The genetics of autism. *Pediatrics*, 113(5), 72-86.
- Noguera, F., Aldunate, F., & García, R. (2015). Trastornos del espectro autista en la población infanto juvenil: diagnóstico, intervenciones y avances. *Revista Chilena de Psiquiatría y Neurología de la Infancia y Adolescencia*, 26(2), 18-29.
- Paluszny, M. (1987). *Autismo, guía práctica para padres y profesionales*. México: Trillas.
- Pennisi, P., Tonacci, A., Tartarisco, G., Billeci, L., Ruta, L., Gangemi, S., & Pioggia, G. (2015).

- Autism and social robotics: A systematic review. *Autism Research*, 9(2), 165-183.
- Pierno, A., Mari, M., Lusher, D., & Castiello, U. (2008). Robotic movement elicits visuomotor priming in children with autism. *Neuropsychologia*, 46, 448-454.
- Pinel, V., Rendón, L., & Roig, D. (2018). Los robots sociales como promotores de la comunicación en los Trastornos del Espectro Autista (TEA). *Letras de Hoje*, 53(1), 39-41.
- Recognize Emotions in Images. (22 November, 2016). Available online:  
<https://www.microsoft.com/cognitive-services/en-us/emotion-api>
- Reynoso, C., Rangel, M., & Melgar, V. (2015). El trastorno del espectro autista: aspectos etiológicos, diagnósticos y terapéuticos. *Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social*, 50(2), 214-222.
- Robins, B., Dautenhahn, K., Te Boekhorst, R., & Billard, A. (2005). Robotic assistants in therapy and education of children with autism : Can a small humanoid robot help encourage social interaction skills ? *Univers Access in the Information Society*, 4(2), 105-120.
- Rutter, M. & Lockyer, L. (1967). A five to fifteen year follow-up of infantile psychosis. I. Description of sample. *British Journal of Psychiatry*, 113, 69-182.
- Rutter, M., Bailey, A., & Lord, C. (2010). *The Social Communication Questionnaire*. Los Angeles, CA: Western Psychological Services.
- Sevilla, M., Bermúdez, M., & Sánchez, J. (2013). Estimación de la prevalencia de los trastornos del espectro autista en Canarias. *Anales de Pediatría*, 79(6), 352-359.
- Srinivasan, S., Lynch, K., Gifford, T., & Bubela, B. (2011). The effects of robot-child interactions on imitating and praxis performance of typically developing (TD) children and children with autism spectrum disorders (ASDs) between 4-10 years of age. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 5, 41-42.
- Tennyson, M., Kuester, D., Casteel, J., & Nikolopoulos, C. (2016). Accessible robots for improving social skills of individuals with autism. *Journal of Artificial intelligence and Soft Computing Research*, 6(2), 267-277.
- Tinbergen, E.A. & Tinbergen, N. (1972). Early childhood autism: An etiological approach supplement. *Journal of Comparative Etiology*, 10.
- Uljarevic, M., & Hamilton, A. (2013). Recognition of emotions in autism: A formal meta-

- analysis. *Journal Autism Developmental Disorders*, 43(4), 529-542.
- Warren, Z. Zheng, Z., Das, S., Young, E., Swanson, A., Weitlauf, A., & Sarkar, N. (2015). Brief report : Development of a robotic intervention platform for young children with ASD. *Journal Autism Developmental Disorders*, 45(12), 3870-3876.
- Warren, Z., Zheng, Z., Swanson, A., Bekele, E., Zhang, L., Crittendon, J., Weitlauf, A., & Sarkar, N. (2015). Can robotic interaction improve joint attention skills ? *Journal Autism Developmental Disorders*, 45(11), 3726-3734.
- Williams, J., Scott, F., Stott, C., Allison, C., Bolton, P., Baron-Cohen, S., & Brayne, C. (2005). The CAST (childhood asperger syndrome test) test accuracy. *Autism*, 9(1), 45-68.
- Wing, L. (1993). The definition and prevalence of autism: A review. *European Child and Adolescence Psychiatry*, 2(1), 61-74.

Anexos

Anexo A

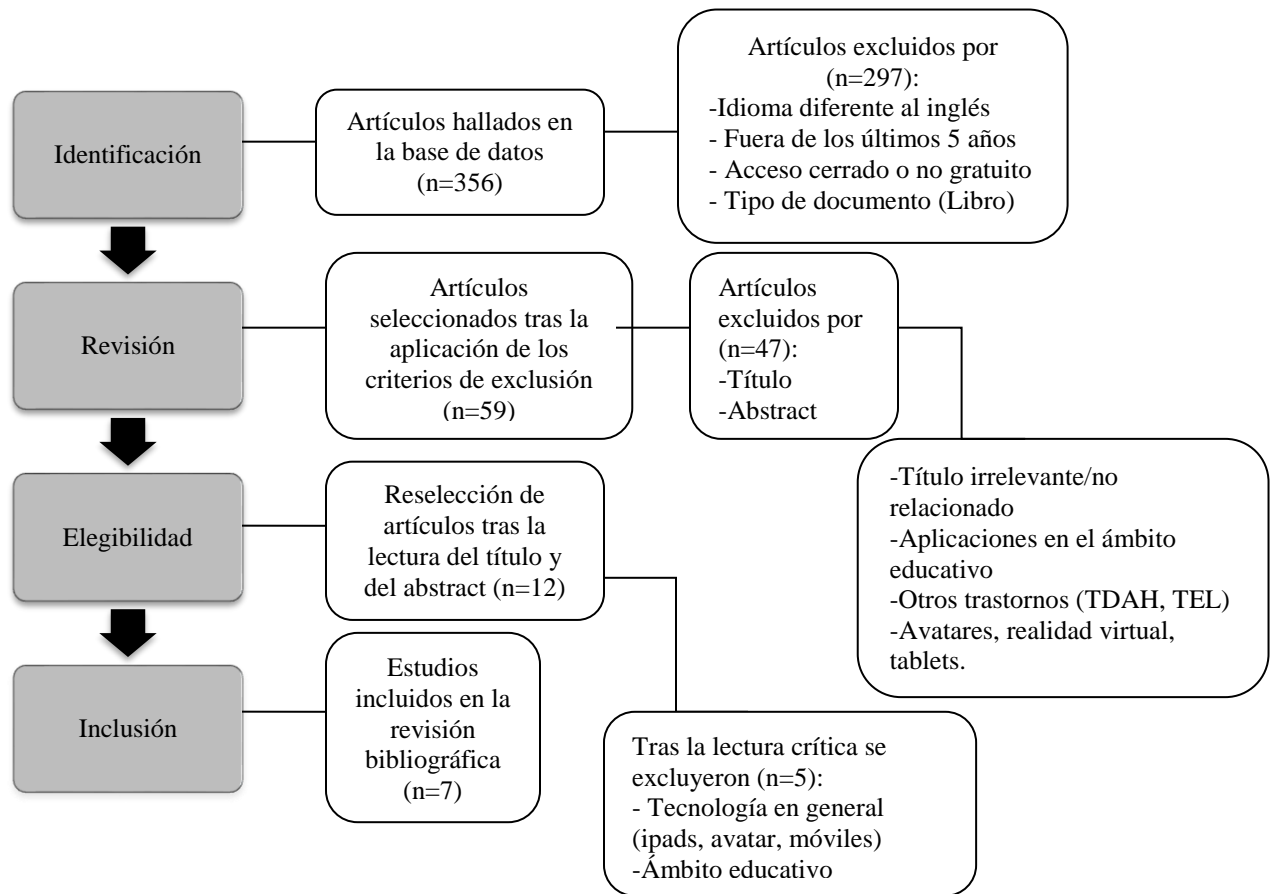


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de búsqueda bibliográfica del estudio.

**Anexo B**

Tabla 1

*Estudios del Uso del Robot en Terapia.*

Autores/Año	Año	País	Muestra	Grupo control	Edad	Método	Resultados	Clasificación
Aziz et al.	2015	Malasia	3	1	-	Robot Humanoide NAO; 4 módulos de actividades	Los niños mostraron respuestas emocionales con la interacción de NAO	Interacción social
Bharatharaj et al.	2018	India	10	-	7-11	Robot pájaro Kiliro; 3 sesiones donde se realizaban actividades en 2 condiciones: humano-humano, y robot-humano	Respuestas positivas y mejorías en la interacción social tras incluir al robot en las sesiones de terapia	Interacción social
Bharatharaj et al.	2017	India	9	-	6-16	Robot Kiliro; Método Modelo-Rival Adaptado (AMRM); Oxford Emotion API; 4 tareas a realizar con el robot	Los resultados mostraron que los niños disfrutaron de la interacción con Kiliro	Interacción social

Tabla 1. *Cont.*

Autores/Año	Año	País	Muestra	Grupo control	Edad	Método	Resultados	Clasificación
Warren et al.	2015	EEUU	16	8	-	Robot Humanoide NAO; 2 condiciones: robot y humano. Completar una serie de movimientos en la presencia de ambos.	Buena aceptación del estudio. Los niños con TEA mostraron una gran atención en la condición del robot.	Imitación
Warren et al.	2015	EEUU	8	-	-	Robot NAO; Tobii120	A través de las sesiones se vieron mejoras en la atención conjunta humano-robot	Atención conjunta
Warren et al.	2015	EEUU	16	8	-	Robot Humanoide NAO; 2 condiciones: robot y humano. Completar una serie de movimientos en la presencia de ambos.	Buena aceptación del estudio. Los niños con TEA mostraron una gran atención en la condición del robot.	Imitación