

# LA APLICACIÓN DE LA ROBÓTICA PARA LA MEJORA DE LOS COMPORTAMIENTOS DE ATENCIÓN CONJUNTA EN EL ALUMNADO AUTISTA

## THE APPLICATION OF ROBOTICS TO IMPROVE JOINT ATTENTION BEHAVIOURS IN AUTISTIC STUDENTS

**Gonzalo Lorenzo Lledó**

glledo@ua.es

Universidad de Alicante

Recibido: 06/06/2024

Aceptado: 03/10/2024

### Resumen:

En educación, la robótica es la herramienta que mejor se adapta a las diferentes Necesidades Educativas Especiales que hay en las aulas. De esta forma, la robótica se adapta al aprendizaje visual y sistematizado del alumnado autista. Por tanto, el objetivo general de la investigación es aplicar la robótica para la mejora de los comportamientos de atención conjunta en el alumnado autista. Para ello, se ha escogido un grupo de 16 participantes autistas que durante el periodo de febrero a junio de 2023 desarrollaron 11 sesiones con el robot NAO. Se utilizó un diseño de pretest-posttest y se escogió el cuestionario Denver para recoger la información de los participantes. Los hallazgos, muestran posibles mejoras en las puntuaciones medias de siete de los ocho ítems de la dimensión de comportamientos de atención conjunta. Sin embargo, estas mejoras no son significativas. Se plantea como futura línea de trabajo el uso de la inteligencia artificial en el robot NAO para adaptarse a los comportamientos del alumnado.

**Palabras clave:** NAO; atención conjunta; autismo; entorno escolar.

### Abstract:

In education, robotics is the tool that best adapts to the different Special Educational Needs in the classroom. In this way, robotics is adapted to the visual and systematized learning of autistic students. Therefore, the general objective of the research is to apply robotics to improve joint attention behaviors in autistic students. For this purpose, a group of 16 autistic participants was chosen and during the period from February to June 2023 they developed 11 sessions with the NAO robot. A pretest-posttest design was used, and the Denver questionnaire was chosen to collect information from the participants. The findings show possible improvements in the mean scores of seven of the eight items of the joint attention behaviors dimension. However, these improvements are not significant. The use of artificial intelligence in the NAO robot to adapt to student behavior is proposed as a future line of research.

**Key words:** NAO; joint attention; autism; school environment.

## 1. Introducción

En el entorno educativo, es cada vez más frecuente la presencia de alumnado que manifiesta necesidades específicas de apoyo educativo (NEAE) en sus procesos de aprendizaje. En los últimos años, una de las NEAE que mayor atención está recibiendo por parte del profesorado es el Trastorno del Espectro Autista (TEA) (Armijos et al., 2023). A nivel mundial, se ha producido un incremento en la detección del autismo, pasando del 0.6% (Salari et al., 2022) al 2.7% (Maenner et al., 2023). Este aumento, puede verse influenciado por dos factores (Durkin et al., 2017). Por una parte, el uso de nuevas herramientas con una mayor sensibilidad en la detección, por otra, una mayor concienciación de las familias ante las dificultades de aprendizaje de los hijos, recurran a contactar con los servicios sociales.

El TEA es definido como un trastorno del neurodesarrollo que afecta a dos áreas principales del alumnado que son la comunicación e interacción social y los comportamientos estereotipados y repetitivos (American Psychiatric Association, 2013). Los problemas en la comunicación e interacción social se pueden explicar por la reducida capacidad del alumnado autista para identificar el lenguaje corporal en los diferentes contextos sociales (Telisheva et al., 2022). Además, estos alumnos suelen tener problemas para la comunicación verbal y no verbal lo que genera problemas de comunicación e interacción. Otro factor intrínsecamente relacionado con los anteriores es la ausencia de capacidad para reconocer y expresar emociones y los comportamientos que estas llevan asociados (Tsai et al., 2021). Esto puede ser debido a los problemas que presentan en la atención que es uno de los indicadores más tempranos de autismo (Yoder et al., 2009). La atención conjunta se puede definir, como la capacidad de compartir la atención con los demás, señalando, mostrando y coordinando miradas entre objetos y personas (Jones y Carr, 2004). La atención conjunta puede ser de dos tipos (Chevallier et al., 2012): respuesta a la atención conjunta e iniciación a la atención conjunta. La respuesta a la atención conjunta mide la respuesta del niño al seguir el cambio de mirada y/o señalamiento de otra persona. Mientras que la iniciación a la atención conjunta mide la capacidad del niño para buscar espontáneamente la atención de otro o dirigir la atención la atención de otros, para compartir su experiencia de un objeto o evento a través de la mirada y/o señalamiento. Las dificultades en la atención generan retrasos en el desarrollo cognitivo y del lenguaje (Mundy et al., 1990). Asimismo, los problemas de atención dan lugar a que presenten dificultades en establecer a combinación de gestos, vocalización y desplazamiento de la mirada al compartir su interés (Maljaars et al., 2011). A modo de resumen, se puede afirmar que las dificultades en la atención vienen por el problema para determinar qué estímulos son los más importantes en una situación social (Kohli et al., 2023).

Por otro lado, los comportamientos estereotipados o repetitivos pueden ser consecuencia de las grandes dificultades que presentan ante los nuevos contextos y cambios en su rutina (Leekam et al., 2011). Lo que provoca en muchos casos, que presenten problemas para la generalización de los aprendizajes en los diferentes entornos sociales (Hyman et al., 2020). En esta línea, la incapacidad para centrarse en la información necesaria para el desarrollo de una tarea, podría ser el motivo porque el cual manifiestan estos comportamientos (Hasan y Nene, 2022). A pesar de las dificultades del alumnado autista, existen dos grandes fortalezas en sus procesos de aprendizaje. En primer lugar, tiene una gran predisposición para el desarrollo de tareas sistematizadas (Baron-Cohen, 2006). De esta forma, pueden alcanzar los mismos objetivos de aprendizaje que sus compañeros cuando se plantean tareas sistematizadas. En segundo lugar, muestran mejoras en su aprendizaje, cuando las tareas que realizan presentan la información visual lo que además ayuda a su razonamiento lógico (Lorenzo et al., 2016).

Uno de los recursos que en los últimos años ha tenido una notable expansión en los centros educativos ha sido la robótica, debido a las posibilidades que presenta de generar actividades adaptables a las necesidades del alumnado autista (Robins y Dautenhahn, 2014). Existen diversos motivos por los cuales, la robótica puede producir mejoras en las habilidades de comunicación e interacción social en el alumnado autista. Por ejemplo, la robótica hace posible el diseño de contextos sociales sencillos y predecibles donde se pueden controlar los distintos estímulos que recibe el alumno (Gómez-Espinosa et al., 2024). Asimismo, con la robótica se pueden practicar de manera repetitiva, el comportamiento que debe ejecutar el participante ante determinados contextos sociales (Robins y Dautenhahn, 2014). Esta forma de trabajo favorece el aprendizaje del alumnado autista. Siguiendo con el análisis de las razones que justifican el uso de la robótica, Belpaeme et al. (2018) concluyen que los robots ayudan al desarrollo de comportamientos sociales en el alumnado autista. Esto provoca que las ganancias del alumnado autista en los procesos de aprendizaje sean mayores con robots que cuando se trabaja con humanos o avatares. Otra de los motivos para el uso de la robótica, es la generación en el alumnado autista de un reflejo corporal que provoca una mejora sus las capacidades de imitación (Wijayasinghe et al., 2016).

En línea con lo indicado anteriormente, se han desarrollado diversas investigaciones donde se constata los resultados positivos que genera el uso de la robótica en el alumnado autista. Por ejemplo, Anzalone et al. (2019) trabajaron con un grupo experimental que estaba formado por 42 niños autistas cuya edad media era 7.94 años y una desviación estándar de 1.67. El grupo de control estuvo compuesto por 16 niños con desarrollo típico cuya edad media era 8.06 años y una desviación estándar de 2.49 años. Para el grupo experimental, se plantearon actividades de atención, donde NAO inducía al participante a que pudiera mirar a determinadas imágenes. Además, se desarrollaron diversas tareas de imitación donde el participante debía imitar algunos comportamientos del robot ante una determinada situación social. Los resultados certificaron una mejora en las métricas relacionadas con la atención y la imitación. Asimismo, del alumnado participante se escogió un grupo de 14 niños autistas con edad media de 6.85 años y una desviación estándar de 1.34 años para comprobar a los seis meses el mantenimiento de las mejoras conseguidas durante la intervención. Los resultados constataron un incremento en los comportamientos de atención conjunta en el alumnado participante. En otra investigación, Cao et al. (2019) utilizaron el robot NAO para desarrollar una serie de tareas con un grupo experimental y el control utilizó las metodologías tradicionales. El grupo experimental estaba formado por 15 niños autistas, cuya edad media era de 4.96 años y una desviación estándar de 1.10 años, mientras que el grupo de control estaba compuesto por 15 niños de desarrollo típico, cuya edad media era de 4.53 años y una desviación estándar de 0.90 años. Se plantearon dos tipos de actividades en el grupo experimental. En la primera actividad, el interlocutor era un humano que tenía a su izquierda y su derecha dos juguetes. Este debía atraer la atención del niño para que pudiera escoger el juguete que quisiera. Los juguetes que se utilizaron fueron camiones. En la segunda actividad, el interlocutor era el robot NAO. El objetivo de la tarea era medir la mirada hacia el interlocutor y los comportamientos de atención conjunta siguiendo las explicaciones del interlocutor. Los resultados constataron como el alumnado autista tenía un menor tiempo de fijación en su interlocutor humano frente al robot. A pesar de ello, se observó la aparición de ciertos comportamientos de atención conjunta hacia su interlocutor humano al terminar de trabajar con el robot. En investigaciones más recientes como las de Chung et al. (2024) se trabajó con 60 niños autistas, cuya edad media era de 7.72 años y una desviación estándar de 1.42. Estos niños fueron repartidos de manera aleatoria en los siguientes grupos: grupo de control (20), grupo con programa de instrucción humana (20) y el grupo experimental (20). Este grupo fue el que realizó diversas actividades con el robot NAO, que trabajaron áreas como la imitación, el juego y las habilidades sociales y los comportamientos de atención

conjunta. Todas estas, fueron presentadas en una situación de inicio de una conversación en un contexto social. Durante todo el proceso, el robot NAO actuaba como interlocutor del participante siendo el tutor el supervisor de todo el proceso. Los hallazgos constataron, que los alumnos que desarrollaron las actividades con la robótica manifestaron mejoras estadísticamente significativas en los comportamientos de atención conjunta y en la imitación. De esta forma, los usuarios empezaron a compartir intereses con sus adultos hacia algunos objetos en entornos reales.

A partir de lo indicado anteriormente, el objetivo general de la investigación es aplicar la robótica para la mejora de los comportamientos de atención conjunta en el alumnado autista. Se establece la siguiente pregunta de investigación: ¿Existen diferencias significativas entre el post-test y el pretest en las puntuaciones medias de la dimensión de comportamientos de atención conjunta de los sujetos tras la aplicación de la robótica?

## 2. Método

### 2.1 Diseño

Se ha escogido un enfoque cuantitativo, debido a que se ha realizado una mediación numérica de las variables y la utilización de la estadística para poder inferir patrones de comportamiento. (Vega-Malagón et al., 2014). De manera concreta, se han calculado las puntuaciones medias de los participantes antes y después de la intervención con lista de verificación modificada del currículo del Modelo Denver de atención temprana para niños con autismo (Rogers y Dawson, 2015). Asimismo, se decidió optar por un diseño cuasiexperimental con un grupo experimental donde se van a tomar las medidas en un pretest y posttest (Manterola y Otzen, 2015) y la ausencia de un grupo de control. En este tipo de diseño según Salas (2013), se cumple con la mínima condición que debe tener una investigación científica y es la manipulación de la variable independiente y un cierto control sobre los estímulos que generen efectos indeseados en la intervención (Muse y Baldwin, 2021). De igual manera, Salas (2013) expone que son muy útiles en el campo educativo debido a las grandes dificultades existentes en la composición azarosa de la muestra, la igualación de los grupos y el control de las variables extrañas. Asimismo, suele ser muy aconsejable cuando no se pueden controlar las características de los sujetos. Esto ocurre, con el alumnado autista que no podemos tener un conocimiento a priori sobre sus emociones o comportamientos. Salas (2013) concluye que los diseños cuasiexperimentales son de gran ayuda en el campo educativo debido a que surgen como una respuesta a los problemas de la experimentación en educación. En esta línea, Kerlinger y Lee (2001) determinaron que este diseño no permite la construcción de teorías, pero si tiene valor en la investigación aplicada destinada a la resolución de problemas concretos. Por tanto, se puede considerar que un diseño cuasiexperimental de un solo grupo puede estar justificado para la resolución de un problema concreto, como es la comunicación e interacción social en el alumnado autista con el uso de la robótica.

En cuanto al uso de un grupo experimental y ausencia de un grupo de control, existen revisiones sistemáticas como la de Damianidou et al. (2020) que constataron en el análisis de 39 estudios que la ausencia de un grupo de control estaba extendida entre el 51.28% de los estudios. Además, como indica Salas (2013), las fuertes exigencias tanto legislativas como las normas de la ética de la investigación llevan a los investigadores a renunciar a la experimentación pura y rigurosa y a los cuasiexperimentos. De esta forma, el citado autor expone que los derechos de los participantes pueden condicionar la realización de la selección aleatoria de los sujetos y la formación de grupos de control. Por tanto, Salas (2013) pone en duda, la forma de justificar a

pesar de haber dado el consentimiento, la asignación de un participante a un grupo de control cuando sabemos que la intervención que se está realizando le puede aportar aspectos positivos a su aprendizaje. Sin embargo, existen autores como Martin (2005) o Damianidou et al. (2020) que determinarían que la existencia de un grupo de control permite comparar la eficacia de una intervención. En este sentido, la existencia de un grupo de control evitaría algunos de los problemas que tiene el diseño cuasiexperimental indicados por Sala (2013). Por ejemplo, los resultados en este tipo de diseño son discutibles debido a la ausencia de validez interna y externa, al estrecho rango de aplicación y a los problemas para controlar las variables extrañas.

## 2.2 Participantes

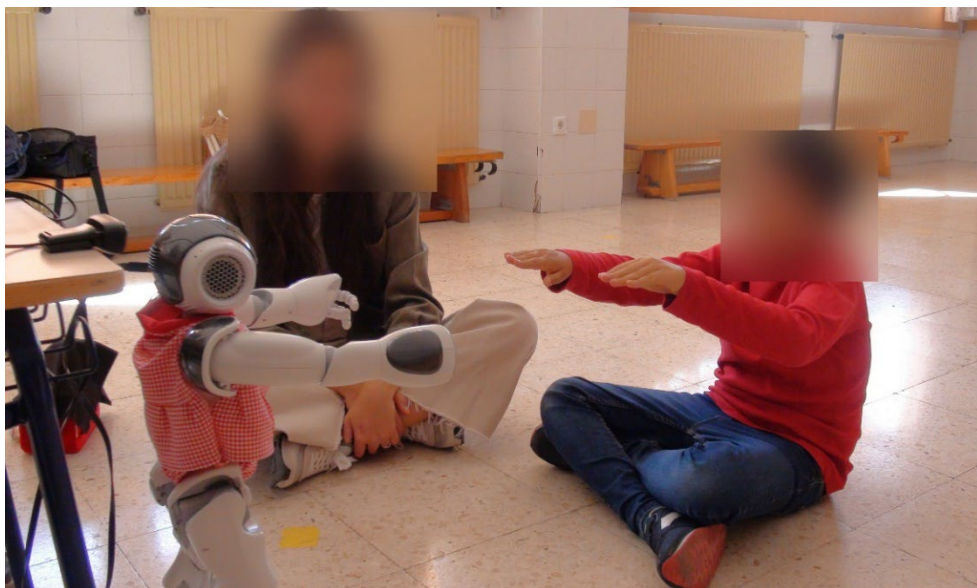
La muestra de participantes fue configurada mediante un muestro no probabilístico intencional (Hernández y Carpio, 2019). Este muestreo, permite escoger las participantes mediante una selección intencionada de los individuos de la población según una serie de características establecidas por el investigador (Hernández y Carpio, 2019). De esta forma, la muestra se compuso de 16 alumnos que habían recibido el diagnóstico de autismo según los criterios establecidos en el DSM-V. Además, la edad media era de 9.63 años. En cuanto al nivel de severidad, el 81.25% de los usuarios tenían un nivel de severidad 3 mientras que el resto tenían de severidad 1. Asimismo, no existía ningún alumno que haya sido diagnosticado con nivel 2. Con respecto al tipo de comunicación, el 31.25% no tenía comunicación verbal o necesitaba del uso de sistemas alternativos y aumentativos de comunicación mientras que el resto disponía de una buena comunicación oral. La asistencia de los alumnos al aula ordinaria era minoritaria con solo el 12.5%. lo que provoca que el 93.75% reciba un grado de apoyo 3. Finalmente, el 25% de los participantes alcanzan una competencia curricular de infantil mientras que el resto son de primaria.

## 2.3 Instrumentos

Fueron tres los instrumentos que se utilizaron para el desarrollo de la intervención en alumnado autista. En primer lugar, se escogió el robot NAO. Este tiene un cuerpo de plástico con un total de 25 grados de libertad lo que le otorga una gran similitud con el comportamiento de un humano (Puglisi et al., 2022). Para los autores antes mencionados, el robot capta la información con el uso de sensores y micrófonos lo que le permite tener un cierto grado de comunicación verbal y no verbal. De igual manera, se dispone del software Coreographe que permite el movimiento de las diferentes partes del robot. Asimismo, esta herramienta dispone de una librería destinada al reconocimiento de emociones (Arent et al., 2019). El problema de esta librería es que se necesita que el participante exagere la expresión de sus emociones para que el robot reconozca la emoción y actuar. Por este motivo se desarrolló el algoritmo de reconocimiento de emociones presente en Lorenzo et al. (2024). A continuación, en la Figura 1 se observa al robot NAO desarrollando una de las sesiones con uno de los participantes.

Figura 1

Robot NAO interactuando con un niño



El segundo instrumento que se utilizó fue la lista de verificación modificada del currículo del Modelo Denver de atención temprana para niños con autismo (Rogers y Dawson, 2015). La escala original tenía un rango de valores de 1 a 3, donde 1 indicaba que no presentaba la habilidad, 2 significaba que la habilidad estaba en proceso de adquisición, 3 manifestaba que la habilidad estaba conseguida. Esta escala había sido validada por Alcantud et al. (2015) y obtuvieron un valor de consistencia interna alfa de Cronbach de 0.850. En este sentido, Godel et al. (2022) consiguieron un valor de alfa de 0.914. A pesar de conseguir estos valores y debido a la poca sensibilidad que ofrecía la escala para la evaluación de las tareas con el robot, se decidió modificar la escala con valores de 1-5. Siendo 1= habilidad no conseguida, 2= habilidad poco conseguida, 3=habilidad medianamente conseguida, 4=habilidad bastante conseguida, 5=Habilidad totalmente conseguida. El análisis de consistencia interna de la escala dio un valor de alfa de Cronbach de 0.933. Las adaptaciones realizadas se conformaron en una escala formada por seis dimensiones: comunicación expresiva, comunicación receptiva, conductas de atención conjunta, imitación, habilidades sociales con adultos y entre iguales.

El tercer instrumento que se empleó fue un cuaderno de campo donde los miembros del equipo investigador fueron registrando mediante la narración la manera que tenían los niños de actuar ante el robot y la frecuencia de aparición de dichos comportamientos a lo largo de las sesiones.

## 2.4 Procedimiento

Antes de llevar a cabo la intervención, el equipo investigador se reunió para establecer los criterios a partir de los cuales un colegio podría formar parte del estudio. Se escogieron aquellos colegios que tenía aulas específicas y que tuvieran proximidad geográfica. Con la obtención de la muestra, el equipo investigador fue dividido en dos grupos de manera que cada uno se encargaría de ponerse en contacto con el equipo directivo del centro con la finalidad de concretar una reunión. En esta reunión, se les expondría cuales son los objetivos, tareas del

proyecto y se les haría una demostración con el robot NAO. Así, el equipo directivo podría aconsejar a los investigadores la cantidad de participantes aproximada que en su opinión podrían formar parte del estudio debido a sus características de aprendizaje. Una vez conseguida la aceptación por parte del equipo directivo del centro para participar en el proyecto, el equipo investigador se reunió con las familias y el profesorado especialista. En esta reunión se consiguió el consentimiento de parte de las familias y las características detalladas del alumnado. Tanto la investigación como los consentimientos han seguido la declaración de Helsinki (World Medical Association, 2013) y han recibido la aprobación del comité de ética de la Universidad del autor (EXP UA 2022 05 01). Tras obtener la muestra definitiva de participantes y con el consejo del profesorado especialista, se llevó a cabo una sesión de familiarización con el robot NAO. De este modo, los participantes que no mostraban interés o tolerancia al robot fueron eliminados del estudio. Hay que tener en cuenta que las muestras de alumnado autista están fuertemente influenciadas por factores como el nivel de autismo, el género o los diferentes dominios cognitivos (Fernández-Alvarado y Onandia-Hinchado, 2022). Ello puede implicar una reducción en la precisión de los hallazgos y problemas en la generalización de los resultados (Durán, 2005), así como condicionar la validez interna y externa de los resultados.

A continuación, se comenzó con la primera sesión que se había programado. El profesorado especialista estuvo presente en todas las sesiones de manera que pudiera asesorar al equipo investigador en los problemas de comportamiento que manifestaran los participantes. Existían dos componentes del equipo investigador que tomaron nota y el técnico asesoraba en el uso del robot NAO.

Las sesiones se desarrollaron en el periodo de febrero a junio de 2023. Se implementaron un total de 11 sesiones, con una duración aproximada de 15 minutos. A lo largo de las tareas, el robot NAO actuaba como tutor que explicaba las actividades. Asimismo, existía la supervisión del profesorado especialista y de dos miembros del equipo investigador del proyecto.

*Sesión 1.* El objetivo era la familiarización con el robot NAO. Para ello, se deben desarrollar tres actividades. En la primera tarea, el participante debe imitar una serie de movimientos que le indica el robot NAO. En la segunda tarea, el robot NAO plantea un juego con unas pelotas de colores que el participante debe entregar al robot. En la tercera actividad, se plantea una situación comunicativa de preguntas y respuestas. En la Figura 2, se observa al niño realizando la primera sesión.

Figura 2

El participante realizando la actividad de intercambio de las pelotas de colores



*Sesión 2.* El objetivo es el aprendizaje de las normas de clase. La tarea comienza con el robot NAO contando al participante una historia sobre los comportamientos que se pueden o no hacer en el aula. A continuación, el niño debe identificar con la ayuda de NAO el pictograma que cada una de las reglas de clase. Finalmente, usando los pictogramas el niño debe clasificar aquellas normas de clase que son correctas y las que no.

Figura 3

Alumno trabajando las normas de clase



*Sesión 3.* El trabajo de las emociones. Esta sesión está dividida en cuatro partes en las que el usuario con la ayuda del robot NAO tiene que identificar emociones y los diferentes factores que las producen. En el comienzo de la sesión, el participante tiene que escuchar un cuento sobre el

“Monstruo de los colores”, en el momento que se explica una emoción, el robot NAO pone sus ojos de un color. El Monstruo de los colores (Llenas, 2012) consiste, en un álbum ilustrado donde un monstruo tiene diversos colores para manifestar sus emociones según los contextos sociales. Se ha escogido porque su información visual facilita el aprendizaje del alumnado autista. Además, tiene una gran difusión entre el alumnado de infantil y primaria. Al final de la canción, al niño se le propone una ficha donde debe escoger entre los diversos pictogramas la emoción que le pregunte el robot NAO. En la segunda parte, el participante debe asociar un pictograma como una imagen real ayudado por NAO (Figura 4). La tercera parte consiste en que el niño debe asociar una emoción con un contexto determinado. Para finalizar, el usuario debe aprender a identificar las causas que producen una emoción.

Figura 4

Alumno trabajando con NAO la asociación entre pictograma e imagen real



*Sesión 4.* El objetivo es que el participante pueda practicar el autocontrol de las emociones en función del contexto. Para ello, el robot NAO pregunta al usuario como se siente en determinadas situaciones sociales. El participante debe colocar sus sentimientos en el termómetro de las emociones. Posteriormente, NAO explica cuáles son las acciones apropiadas en las situaciones dadas. Finalmente, el robot NAO presenta las situaciones y el participante debe seleccionar la respuesta correcta y colocarla en la hoja de respuestas (Figura 5).

Figura 5

El robot NAO y el termómetro de las emociones



*Sesión 5.* La sesión comienza escuchando la canción del Monstruo de los colores que ha contado el robot NAO. A continuación, se le pregunta al niño como se siente cada uno de los pictogramas del Monstruo de los colores. De esta forma se constata, que el niño aprende la asociación entre el pictograma del Monstruo y la imagen del estado de ánimo. El participante, puede recibir ayuda del robot NAO durante el proceso, para ello debe poner las imágenes de los monstruos a los pies del robot. Debido a ello, NAO le contestará si ha asociado correctamente el estado de ánimo con el monstruo correspondiente. Para finalizar la tarea, el robot NAO le enseña un escenario social y le pide que escoja el monstruo de los colores que representa la emoción que debe sentir en ese escenario (Figura 6).

Figura 6

El pictograma con la emoción del monstruo de los colores



*Sesión 6.* El trabajo de las emociones utilizando un bingo es el objetivo de la sesión. La sesión comienza con el robot NAO contándole al participante la historia del Monstruo de los colores en la escuela. A continuación, el robot NAO explica al niño mediante una serie de pictogramas como jugar al bingo de los colores y las emociones. Para ello, le proporciona una serie de

cartones. En este juego, el participante dispondrá de diversas fichas del monstruo de los colores que deberá poner encima del cartón cuando identifique el pictograma que le diga el robot NAO (Figura 7).

Figura 7

Cartón de Bing e instrucciones para jugar al bingo que recibe el participante



*Sesión 7.* El objetivo es trabajar las emociones en el juego de la OCA. La sesión comienza con el robot NAO cantando la canción del monstruo de los colores. A continuación, el robot NAO explica las reglas del juego al participante. El usuario debe colocar la ficha del monstruo de los colores en la casilla inicial y moverla en función del número que saque en el dado (Figura 8).

Figura 8  
Tablero de la OCA para los participantes



Sesión 8. El objetivo de la sesión es aprender a realizar ejercicios de respiración. La sesión comienza con el robot NAO, contando una historia al participante sobre como aprender a respirar. Al finalizar, NAO le dice al participante que debe imitar las técnicas de relajación que están representadas mediante pictogramas. Estas técnicas son: “una ola de mar”, “soplar globos” (Figura 9).

Figura 9  
Pictogramas con los ejercicios de respiración y el robot NAO



Sesión 9. El objetivo de la sesión es trabajar el juego simbólico. La sesión comienza con el robot NAO cantando una canción sobre las diferentes características que tienen las frutas. Tras la canción, el participante debe identificar las frutas con la utilización de unas tarjetas. A continuación, el robo NAO irá preguntando al usuario sobre una serie de frutas que necesita para la elaboración de una macedonia. Las frutas están elaboradas con goma EVA y debe ser

introducidas en un bol. A lo largo de la actividad, el participante dispone de una serie de pictogramas de apoyo para saber que le está preguntando NAO (Figura 10).

*Figura 10*

El robot NAO y las frutas de goma EVA



*Sesión 10.* El objetivo de la sesión es reconocer los sonidos de los medios de transporte y de los animales. El robot NAO se encarga de reproducir en primer lugar animales y posteriormente medios de transporte. El participante debe realizar la asociación entre el pictograma y el sonido que realiza el robot NAO (Figura 11).

*Figura 11*

El robot NAO y los animales



*Sesión 11.* El objetivo de la sesión es que el niño aprenda a guardar los materiales en la mochila al termina la clase. Con esta finalidad, se han diseñado una serie de apoyos visuales a modo de secuencia para explicar los pasos que debe seguir (Figura 12). En la sesión, el robot NAO se encarga de explicar las dudas que se le presentan al participante durante el proceso.

*Figura 12*

El robot NAO ayudando al participante a guardar los materiales en la mochila



## 2.5 Análisis de datos

En primer lugar, se realizó un análisis de los descriptivos de la muestra en el pretest y posttest. Los estadísticos analizados fueron la media, y la desviación estándar. Posteriormente, se aplicó la prueba de Kolmogórov-Smirnov para determinar si se optaba por una prueba paramétrica o no paramétrica. Se escogió la prueba no paramétrica de Wilcoxon, debido a que los datos tenían una distribución que no era normal. Asimismo, las razones que justifican el uso de las pruebas no paramétricas según Mayorga-Ponce et al. (2022) fueron las siguientes: en primer lugar, es el más indicado para muestras pequeñas como es el presente estudio. En segundo lugar, es empleado en diferentes situaciones porque no cumple con los parámetros estrictos. En tercer lugar, se puede aplicar en datos no numéricos y los métodos de aplicación son menos complicados de desarrollar. Sobre la base de lo anterior, para analizar las posibles mejoras producidas por la robótica en los comportamientos de atención conjunta, se optó por la prueba de Wilcoxon con un nivel de significación de  $p < .05$ .

## 3. Resultados

### 3.1 Resultados relativos a la mejora de la atención conjunta tras la aplicación de la robótica

El análisis de la Tabla 1 pone de manifiesto que en 7 de los 8 ítems (87.5%) de la dimensión comportamientos de atención conjunta se ha producido una mejora de la puntuación media tras la aplicación de la robótica. Sólo el ítem 7, que hace referencia a la capacidad de señalar de manera espontánea los objetos que interesan al participante, se ha mantenido con la misma puntuación antes y después de la aplicación de la robótica (4.06). El ítem con un incremento

más elevado es el ítem 8 con un 5,56% pasando de 4.31 a 4.56. En este ítem, se evalúa la capacidad del participante para compartir la sonrisa con el adulto con mirada alternada durante actividades placenteras con objetos. En el extremo contrario, se encuentra el ítem 2 con un incremento del 1.53% en su puntuación. En este ítem, el participante debe responder a “mira” y señalar orientándose hacia el objeto o persona indicada. Asimismo, resulta notable la mejora en el ítem 3 con un 4.92% pasando de una media de 3.81 a 4.00. Finalmente, se ha producido un incremento de la dimensión comportamientos de atención conjunta de 4.11 a 4.23.

Siguiendo con el análisis de la tabla 1, a pesar de que los estadísticos descriptivos muestran mejoras tras la aplicación de la robótica, se observa con la prueba no paramétrica de Wilcoxon que ninguno de los 8 ítems de la dimensión comportamientos de atención conjunta manifiesta diferencias que sean estadísticamente significativas, ya que los valores de  $p > 0.05$ . A pesar de ello, en siete de los ocho ítems existen indicios de que pueden existir mejoras ya que existen 2 rangos positivos en cada uno de los ítems. Esto podría llevar a pensar en que quizá con más sesiones podrían existir mejoras que pudiera ser significativas. En el ítem 7, que es donde no había mejoras en los descriptivos, no existen rangos promedios positivos, lo que constata que en este ítem es posible que no se lleguen a conseguir mejoras.

Tabla 1

*Estadísticos descriptivos de la dimensión comportamientos de atención conjunta y análisis inferencial tras el uso de la robótica*

| Ítems  | Momen-<br>to | Media | Desviación<br>típica | Incremento<br>de la<br>media (%) | Signifi-<br>cancia<br>(p) | Rangos                    |
|--|--------------|-------|----------------------|----------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 1. Responde a “mira” y al objeto ofrecido con cambio en la mirada, giro del cuerpo y mirada al objeto ofrecido | Pretest      | 4,50  | 0,97                 | 2,88                             | ,15                       | RP=2;<br>RN=0;RNEU=1<br>4 |
|  | Posttest     | 4,63  | 0,81                 |                                  |                           |                           |
| 2. Responde a “mira” y señalamiento orientándose hacia el objeto o persona indicada                            | Pretest      | 4,56  | 0,89                 | 1,53                             | ,37                       | RP=1;<br>RN=0;RNEU=1<br>5 |
|  | Posttest     | 4,63  | 0,81                 |                                  |                           |                           |
| 3.-Entrega o toma objetos de otra persona con contacto visual coordinado con la acción                         | Pretest      | 3,81  | 1,59                 | 4,98                             | ,18                       | RP=2;<br>RN=0;RNEU=1<br>4 |
|  | Posttest     | 4,00  | 1,21                 |                                  |                           |                           |
| 4.-Responde a “enséñame” acercando el objeto al adulto   | Pretest      | 4,13  | 1,50                 | 2,90                             | ,15                       | RP=2;<br>RN=0;RNEU=1<br>4 |
|  | Posttest     | 4,25  | 1,29                 |                                  |                           |                           |

|  |          |      |      |      |     |                           |
|--|----------|------|------|------|-----|---------------------------|
| 5.Espontáneamente muestra objetos  | Pretest  | 3,69 | 1,82 | 3,25 | ,15 | RP=2;<br>RN=0;RNEU=1<br>4 |
|  | Posttest | 3,81 | 1,64 |      |     |                           |
| 6.Espontáneamente sigue el señalamiento o el cambio de la mirada del adulto (en este caso sin ayuda del gesto) para mirar hacia algo | Pretest  | 3,81 | 1,64 | 3,41 | ,15 | RP=2;<br>RN=0;RNEU=1<br>4 |
|  | Posttest | 3,94 | 1,53 |      |     |                           |
| 7.Espontáneamente señala objetos que le interesan  | Pretest  | 4,06 | 1,44 | 0,00 | 1,0 | RP=0;<br>RN=0;RNEU=1<br>6 |
|  | Posttest | 4,06 | 1,44 |      |     |                           |
| 8.-Comparte la sonrisa con el adulto con mirada alternada durante actividades placenteras con objetos                                | Pretest  | 4,31 | 1,14 | 5,56 | ,15 | RP=2;<br>RN=0;RNEU=1<br>4 |
|  | Posttest | 4,56 | 0,89 |      |     |                           |

Nota 1. RP= Rangos Positivos; RN=Rangos Negativos; RNEU= Rangos Neutros

#### 4. Discusiones

En relación con la pregunta de investigación planteada en el estudio, en el ítem 7, que hace referencia a la espontaneidad y el señalamiento de objetos que le interesan al participante, no ha habido mejoras en los descriptivos. Existen algunos indicios, que nos llevarían a pensar en algunos factores que podrían explicar las causas que han generado los hallazgos descritos. En primer lugar, el alumnado autista manifiesta grandes problemas de generalización en aquellos entornos que no le son familiares (Sani-Bozkurt y Bozkus-Genc, 2023). Como consecuencia de ello, podría darse el caso de que el niño autista no escogiera de manera espontánea los objetos que le interesan. En segundo lugar, el tipo de objeto puede ser otro factor que induzca al niño autista a aceptar o ignorar los objetos (Scassellati et al., 2012). En tercer lugar, no existe una base teórica firme con estudios que usen robots humanoides como NAO, en los que se verifique que realmente la robótica pueda favorecer la transferencia de este tipo de habilidades a los entornos reales (Sani-Bozkurt y Bozkus-Genc, 2023). Los hallazgos de los autores del manuscrito van en línea con los obtenidos por Zheng et al. (2020), quienes constataron que el uso del robot NAO en 23 niños autistas no produjo mejoras en la capacidad para señalar objetos de manera espontánea.

En el caso contrario, se encuentran los ítems 3 y 8 que son los que han conseguido un incremento más elevado de la puntuación media con valores del 4.98% y 5.56% respectivamente. Con respecto al ítem 3, sobre la entrega o toma de objetos con otra persona

con contacto visual coordinado con la acción, existen algunos factores que quizá inducen a pensar que las mejoras en los descriptivos pudieran ser significativas. Por ejemplo, algunos robots tienen comportamientos preprogramados donde el robot orienta sus ojos hacia los ojos del usuario y después hacia el objeto simulando una atención conjunta (Scassellati et al., 2012). Estos comportamientos podrían estimular una respuesta similar en alumnado autista en un entorno real. De igual manera, el robot despierta un reflejo en el alumnado autista por el que se estimulan las capacidades de imitación (Wijayasinghe et al., 2016). De esta forma, puede transferir los comportamientos a entornos reales y diferentes contextos. Los resultados de los autores del estudio concuerdan con los trabajos de Kozima et al. (2007). Estos autores realizaron un estudio longitudinal con diversos niños autistas interactuando con un robot y comprobaron que durante la intervención presentaron comportamientos espontáneos de interacción social con el robot. Una vez finalizada la intervención se comprobó cómo había una transferencia de los comportamientos de atención conjunta. Por ejemplo, eran capaces de compartir con sus adultos un objeto estableciendo contacto visual coordinado. Estos autores constataron que existían mejoras, pero no serían lo suficientemente consistentes. A pesar de todos los factores que inducen a pensar los efectos positivos de la robótica, no se han generado diferencias estadísticamente significativas. Las razones por las que se podría haber obtenido este hallazgo estarían influenciadas por diversos factores. La gran variabilidad de características que manifiesta el alumnado autista (Chevallier et al., 2012) puede dar lugar a que tengan grandes dificultades en interpretar los comportamientos del robot NAO que tienen algunos alumnos autistas (Sani-Bozkuert y Bozkus-Genc, 2023). Como resultado, existen mejoras en los descriptivos, pero no son significativas.

En referencia al ítem 8, donde se evalúa la capacidad del participante para compartir la sonrisa con el adulto con mirada alternada durante actividades placenteras con objetos, se ha producido el incremento más elevado de la puntuación media con 5.56%. A pesar de ello, no se han producido diferencias estadísticamente significativas. Todo ello, podría estar justificado, como indica Salas (2013), por la ausencia de un grupo de control que puede provocar una ausencia de validez externa y externa de la investigación y que, por tanto, no se generen diferencias significativas tras la intervención con robótica. Además, debido a la variabilidad de características del alumnado autista, existe alumnado con bajos o muy bajos niveles de atención que no llegan a desarrollar comportamientos de atención conjunta a pesar de trabajar con el robot (Anzalone et al., 2014). Asimismo, las experiencias previas que pueda tener el alumnado autista con la tecnología (Parsons, 2016) puede dar lugar a que rechacen la interacción con el robot y por tanto las mejoras puedan no ser consistentes en el tiempo. A pesar de ello, existen algunos aspectos que podrían explicar la causalidad de las mejoras en los descriptivos que han conseguido los participantes. Por ejemplo, la aparición de nuevos elementos que puedan ser percibidos como compañeros de juego en el entorno del alumnado autista puede provocar expresiones de felicidad que sean compartidas con el adulto (Amirova et al., 2023). De la misma manera, la atribución de características humanas a los robots que hacen los niños autistas (Cano et al., 2023) puede provocar que posteriormente transfieran el conocimiento aprendido a los humanos. Finalmente, los resultados obtenidos también pueden ser consecuencia de la emisión puntual que hace el robot de estímulos visuales como herramientas de retroalimentación (Lytridis et al., 2022). Esta disparidad de resultados entre las diferencias significativas y las mejoras en los descriptivos queda reflejada por la existencia de investigaciones que no aportan conclusiones definitivas sobre el uso de la robótica. En esta línea, los resultados de So et al. (2023) coinciden con los autores de esta investigación, en que los participantes autistas que

trabajaron con el robot NAO tuvieron valores de los descriptivos positivos tras el desarrollo de las tareas. Además, se produjo la transferencia de las habilidades de comportamientos de atención conjunta en entornos reales. Mientras que, en el caso contrario, los trabajos de Anzalone et al. (2014) constataron como los niveles de atención y los comportamientos de atención conjunta no mejoraron, ni se produjeron diferencias estadísticamente significativas, a pesar de trabajar con el robot NAO.

## 5. Conclusiones

A lo largo de la investigación se ha podido comprobar que el uso de la robótica en el contexto escolar ha producido mejoras en las diferentes áreas de la comunicación e interacción social. A partir del objetivo general y la pregunta de investigación se han obtenido las siguientes conclusiones.

En la dimensión de comportamientos de atención conjunta, a pesar de que las puntuaciones medias de los ítems 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8 mostraban un incremento tras la aplicación de la robótica, no se pudo concluir la existencia de diferencias estadísticamente significativas.

En los resultados de la investigación ha quedado plasmado que el uso la robótica puede inducir a una mejora en los comportamientos de atención conjunta. A pesar de ello, se pudieron verificar una serie de problemas que se plantearon en el desarrollo del estudio entre los cuales destacan los siguientes. En primer lugar, el robot NAO presentó una ausencia de cierta capacidad cognitiva para adaptarse en tiempo real a los distintos comportamientos que tenía el alumnado autista. Esto provoca en muchos casos que el participante se sintiera frustrado porque NAO no era capaz de seguir con la interacción. De esta forma, los participantes demandaban que el robot tuviera cierta libertad de acción y que no se limitara a dar respuesta a la tarea que se había diseñado. En segundo lugar, el sistema de reconocimiento de emociones de Coreographe tenía una baja sensibilidad lo que provocaba que el alumnado tuviera que exagerar muchos sus emociones para que fuera reconocido por el robot. Esto provoca muchos errores en los comportamientos del robot. Este aspecto es muy importante ya que el alumnado autista carece de expresividad con sus emociones. De esta forma, se observa una ausencia de un sistema de reconocimiento de emociones que pueda detectar las emociones del participante y realizar el comportamiento asociado que ayude a la personalización de da actividad. En tercer lugar, la ausencia de un grupo de control puede provocar en el investigador cierta duda sobre los resultados, ya que, sin el grupo de control, no existe certeza si los hallazgos debido a la nueva metodología han sido consecuencia de su aplicación o de otros factores externos. Como consecuencia, las mejoras provocadas puedan no ser significativas.

Tomando como referencia las limitaciones expuestas, como futura línea de trabajo se comenta la posibilidad de que se incluyera una inteligencia artificial supervisada por un humano de manera que ayudara al tutor a configurar actividades con diversos recursos tecnológicos como la realidad virtual, la robótica o la realidad aumentada. En relación con los hallazgos del estudio se pueden plantear algunas implicaciones prácticas en los centros escolares como por ejemplo el desarrollo de reuniones mensuales con los padres de manera que se pudieran incorporar a la robótica actividades donde el participante presente mayores dificultades. De igual manera, se podrían plantear actividades con el resto de los alumnos del aula donde mediante la robótica se fomentará la comunicación e interacción social del alumnado autista.

## Referencias

- Alcantud, F., Alonso, Y. y Rico, D. (2015). Validez y fiabilidad del Sistema de Detección Precoz de los Trastornos del Desarrollo: 3 a 36 meses. *Revista Española de Discapacidad*, 3(1), 107-121. <http://doi.org/10.5569/2340-5104.03.01.06>
- American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (5ª ed.). American Psychiatric Association.
- Amirova, A., Rakhymbayeva, R., Zhanatkyzy, A., Telisheva, Z. y Sandygulova, A. (2023). Effects of parental involvement in robot-assisted autism therapy. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 53(1), 438-455. <https://doi.org/10.1007%2Fs10803-022-05429-x>
- Anzalone, S. M., Tilmont, E., Boucenna, S., Xavier, J., Jouen, A. L. y Bodeau, N. (2014). How children with autism spectrum disorder behave and explore the 4-dimensional (spatial 3D+ time) environment during a joint attention induction task with a robot. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 8(7), 814-826. <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2014.03.002>
- Anzalone, S. M., Xavier, J., Boucenna, S., Billeci, L., Narzisi, A., Muratori, F. y Chetouani, M. (2019). Quantifying patterns of joint attention during human-robot interactions: an application for autism spectrum disorder assessment. *Pattern Recognition Letters*, 118, 42-50. <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2018.03.007>
- Arent, K., Kruk-Lasocka, J., Niemiec, T. y Szczepanowski, R. (2019). Social robots in diagnosis of autism among preschool children. En *Proceedings of the 24 International Conferences on Methods and Models in Automation and Robotics* (pp. 652-656). Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE).
- Armijos, J., Quinto, E., Álvarez, L., Morocho, R. y Llerena, J. (2023). Técnicas de intervención en el trastorno del espectro autista: una revisión sistemática. *Revista Universidad y Sociedad*, 15(4), 192-203.
- Baron-Cohen, S. (2006). The hyper-systemizing, assortative mating theory of autism. *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry*, 30(5), 865-872. <https://doi.org/10.1016/j.pnpbp.2006.01.010>
- Belpaeme, T., Kennedy, J., Ramachandran, A., Scassellatti, A. y Tanaka, F. (2018). Social robots for education: a review. *Science Robotics*, 3(21), 1-9. <https://doi.org/10.1126/scirobotics.aat595>
- Cano, S., Díaz-Arancibia, J., Arango-López, J., Libreros, J. y García, M. (2023). Design path for a social robot for emotional Communication for children with autism spectrum disorder (ASD). *Sensors*, 23(11), 1-24. <https://doi.org/10.3390/s23115291>
- Cao, W., Song, W., Li, X., Zheng, S., Zhang, G., Wu, Y., He, S., Zu, H. y Chen, J. (2019). Interaction with social robots: improving gaze toward face but not necessarily joint attention in children with autism spectrum disorder. *Frontiers in Psychology*, 10(1503), 1-10. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01503>
- Chevallier, C., Kohls, G., Troiani, V., Brodtkin, E. S. y Schultz, R. (2012). The social motivation theory of autism. *Trends in Cognitive Science*, 16(1), 231-240. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2012.02.007>
- Chung, E., Sin, K. y Chow, D. (2024). Effectiveness of robotic intervention on improving social development and participation of children with autism spectrum disorder – a

- randomised controlled trial. *Journal of Autism and Developmental Disorders*.  
<https://doi.org/10.1007/s10803-024-06236-2>
- Damianidou, D., Eidels, A. y Arthur-Kelly, M. (2020). The use of robots in social communications and interactions for individuals with ASD: a systematic review. *Advances in Neurodevelopmental Disorders*, 4(1), 357-388. *Adv Neurodev Disord*, 4(1), 357-388. <https://doi.org/10.1007/s41252-020-00184-5>
- Durán, P. (2005). Los datos perdidos en estudios de investigación ¿son realmente datos perdidos? *Archivos Argentinos de Pediatría*, 103(6), 1-3.
- Durkin, M., Maenner, M., Baio, J., Christensen, D., Daniel, J., Fitzgerald, R., Imm, P., Li-Ching, L., Schieve, L., Van-Naardem, K., Wingate, M. y Yeargin-Allsopp, M. (2017). Autism spectrum disorder among US children (2002-2010): socioeconomic, racial, and ethnic disparities. *American Journal of Public Health*, 107(11), 1818-1826. <https://doi.org/10.2105/AJPH.2017.304032>
- Fernández-Alvarado, P. y Onandia-Hinchado, I. (2022). Perfil cognitivo del trastorno del espectro autista en población infantojuvenil una revisión sistemática. *Revista de Psicología Clínica con Niños y Adolescentes*, 9(3),1-14. <https://doi.org/10.21134/rpcna.2022.09.3.3>
- Godel, M., Robain, F., Kojovic, N., Franchini, N., Wood, H. y Schaer, M. (2022). Distinct patterns of cognitive outcome in young children with autism spectrum disorder receiving the Early Start Denver Model. *Frontiers in Psychiatric*, 13(1), 1-16. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2022.835580>
- Gómez-Espinosa, A., Moreno, J. y Pérez-de la Cruz, S. (2024). Assisted robots in therapies for children with autism in early childhood. *Sensors*, 24(5), 1-21. <https://doi.org/10.3390/s24051503>
- Hasan N. y Nene M. J. (2022). MAPE: an interactive learning model for the children with ASD. En S. Kumar, S. Hiranwal, S. D. Purohit y M. Prasad (Eds.). *Algorithms for intelligent systems (ICCT 2022)* (pp. 355–367). Springer.
- Hernández, C. y Carpio, N. (2019). Introducción a los tipos de muestro. *Revista Alerta*, 2(1), 1-5. <https://doi.org/10.5377/alerta.v2i1.7535>
- Hyman, S., Levy, S. y Myers, S. (2020). Identification, evaluation, and management of children with autism spectrum disorder. *Pediatrics*, 145(1), e20193447. <https://doi.org/10.1542/peds.2019-3447>
- Jones, E. y Carr, E. (2004). Joint attention in children with autism: theory and intervention. *Focus on Autism and Other Developmental Disabilities*, 19(1), 13-26. <https://doi.org/10.1177/10883576040190010301>
- Kerlinger, F. y Lee, H. (2001). *Investigación del comportamiento*. Métodos de investigación en ciencias sociales (4ª ed.). McGraw-Hill.
- Kohli, M., Kumar, A. y Sinha, S. (2023). Robot facilitated rehabilitation of children with autism spectrum disorder: a 10-year scoping review. *Expert System*, 40(5), 1-36. <https://doi.org/10.1111/exsy.13204>
- Leekam, S., Prior, M. y Uljarevic, M. (2011). Restricted and repetitive behaviors in autism spectrum disorders: a review of research in the last decade. *Psychological Bulletin*, 137(4), 562–593. <https://doi.org/10.1037/a0023341>

- Llenas, A. (2012). *El Monstruo de los colores*. Flamboyant.
- Lorenzo, G., Lledó, A., Pomares, J. y Roig-Vila, R. (2016). Design and application of an immersive virtual reality system to enhance emotional skills for children with autism spectrum disorders. *Computers & Education*, 98(1), 198-205. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.03.018>
- Lorenzo, G., Lorenzo-Lledó, A. y Rodríguez-Quevedo, A. (2024). Análisis mediante inteligencia artificial de las emociones del alumnado autista en la interacción social con el robot NAO. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 24(78), 1-44. <https://doi.org/10.6018/red.588091>
- Lytridis, C., Kaburlasos, V., Bazinas, C., Papakostas, G., Sidiropoulos, G., Nikopoulou, V., Holeva, V., Papadopoulou, D. y Evangelidou, A. (2022). Behavioral data analysis of robot-assisted autism spectrum disorder (ASD) interventions based on lattice computing techniques. *Sensors*, 22(2), 1-22. <https://doi.org/10.3390/s22020621>
- Maljaars, J., Noens, I., Jansen, R., Scholte, E. y Van Berckelaer-ones, I. (2011). Intentional communication in nonverbal and verbal low-functioning children with autism. *Journal of Communication Disorders*, 44(6), 601-614. <https://doi.org/10.1016/j.jcomdis.2011.07.004>
- Manterola, C. y Otzen, T. (2015). Experimental studies 2nd part. Quasi-experimental studies. *International Journal of Morphology*, 33(1), 382-387. <http://doi.org/10.4067/S0717-95022015000100060>
- Martin, D. (2005). *Psicología experimental. Cómo hacer experimentos en psicología* (7ª ed.). Cengage Learning.
- Mundy, P., Sigman, P. y Kasari, C. (1990). A longitudinal study of joint attention and language development in autistic children. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 20(1), 115-128. <https://doi.org/10.1007/BF02206861>
- Muse, A. y Baldwin, J. (2021). Quasi-experimental research design. In J. Barnes y D. Forde (Eds.), *The encyclopedia of research methods in criminology and criminal justice* (pp. 307–310). Wiley.
- Parsons, S. (2016). Authenticity in virtual reality for assessment and intervention in autism: a conceptual review. *Educational Research Review*, 19(1), 138-157. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2016.08.001>
- Puglisi, A., Capri, T., Pignolo, L., Gismondo, S., Chilà, P., Minutoli, R., Marino, F., Failla, C., Arnao, A., Tartarisco, G., Cerasa, A. y Pioggia, G. (2022). Social humanoid robots for children with autism spectrum disorders: a review of modalities, indications, and Pitfalls. *Children*, 9(7), 953-967. <https://doi.org/10.3390/children9070953>
- Robins, B. y Dautenhahn, K. (2014). Tactile interactions with humanoid robot: novel play scenario implementations with children with autism. *International Journal of Social Robotics*, 6(3), 397-415. <https://doi.org/10.1007/s12369-014-0228-0>
- Rogers, S. y Dawson, G. (2015). *Modelo Denver de atención temprana para niños pequeños con autismo. Estimulación del lenguaje, el aprendizaje y la motivación social*. Autismo Ávila.
- Salas, E. (2013). Diseños preexperimentales en psicología y educación: una revisión conceptual. *Liberabit*, 19(1), 1-9.

- Scassellati, B., Admoni, H. y Matarić, M. (2012). Robots for use in autism research. *Annual Review Biomedical Engineering*, 14(1), 275-294. <https://doi.org/10.1146/annurev-bioeng-071811-150036>
- Salari, N., Rasoulpoor, S., Rasoulpoor, S., Shohaimi, S., Jafarpour, S., Abdoli, N., Khaledi-Paveh, B. y Mohammadi, M. (2022). The global prevalence of autism spectrum disorder: a comprehensive systematic review and meta-analysis. *Italian Journal of Pediatrics*, 48(1), 1-16. <https://doi.org/10.1186/s13052-022-01310-w>
- Sani-Bozkurt, S. y Bozkus-Genc, G. (2023). Social robots for joint attention development in autism spectrum disorder: a systematic review. *International Journal of Disability, Development and Education*, 70(5), 625-643. <https://doi.org/10.1080/1034912X.2021.1905153>
- So, W., Law, W., Cheng, C., Lee, C., Ng, K., Kwok, F., Lam, H. y Lam, K. (2023). Comparing the effectiveness of robot-based to human-based intervention in improving joint attention in autistic children. *Frontiers in Psychiatry*, 14(1), 1-13. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2023.1114907>
- Telisheva, Z., Amirova, A., Rakhymbayeva, N., Zhanatkyzy, A. y Sandygulova, A. (2022). The quantitative case-by-case analyses of the socio-emotional outcomes of children with ASD in robot-assisted autism therapy. *Multimodal Technologies and Interaction*, 6(6), 46. <https://doi.org/10.3390/mti6060046>
- Tsai, W. T., Lee, I. J. y Chen, C. H. (2021). Inclusion of third-person perspective in CAVE-like immersive 3D virtual reality role-playing games for social reciprocity training of children with an autism spectrum disorder. *Universal Access in the Information Society*, 20(2), 375-389. <https://doi.org/10.1007/s10209-02000724-9>
- Vega-Malagón, G., Ávila-Morales, J., Vega-Malagón, A., Camacho-Calderón, N., Becerril-Santos, A y Leo-Amador, G. (2014). Paradigmas en la investigación. Enfoque cuantitativo y cualitativo. *European Scientific Journal*, 10(15), 523-528. <https://doi.org/10.19044/esj.2014.v10n15p%p>
- Wijayasinghe, I., Ranatunga, I., Balakrishnan, N., Bugnariu, N. y Popa, O. (2016). Human robot gesture analysis for objective assessment of autism spectrum disorder. *International Journal of Social Robotics*, 8(5), 695-707. <https://doi.org/10.1007/s12369-016-0379-2>
- World Medical Association (2013). World Medical Association Declaration of Helsinki: ethical principles for medical research involving human subjects. *JAMA*, 310(20), 2191-2194. <https://doi.org/10.1001/jama.2013.281053>
- Yoder, P., Stone, W., Walden, T. y Malesa, E. (2009). Predicting social impairment and ASD diagnosis in younger siblings of children with autism spectrum disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 39, 1381-1391. <https://doi.org/10.1007/s10803-009-0753-0>
- 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(1), 2819-2850. <https://doi.org/10.1007/s10803-020-04388-5>

### **Agradecimientos**

El autor declara haber recibido el siguiente apoyo financiero para la investigación, autoría y/o publicación de este artículo:

Este artículo ha contado con el apoyo del Programa Estatal de I + D + i Orientado a los Retos de la Sociedad del Ministerio de Ciencia e Innovación Español. Referencia PID2020-112611RB-I00/AEI/<https://doi.org/10.13039/501100011033> y la Agencia Estatal de la Investigación. Título del proyecto "La aplicación de la realidad virtual y la robótica en la comunicación e interacción social de alumnos con trastorno del espectro autista".