

Efectos de la Robótica Social en la Memoria Episódica de Niños con Discapacidad Intelectual

Jesús Pérez, Maybelin Azuaje, Carmen León y Oriana Pedroza

CÓMO REFERENCIAR ESTE ARTÍCULO:

J. Pérez, M. Azuaje, C. León and O. Pedroza, "Effects of Social Robotics on Episodic Memory in Children With Intellectual Disabilities," in *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, vol. 16, no. 4, pp. 393-399, Nov. 2021, doi: 10.1109/RITA.2021.3125899.

Title— Effects of Social Robotics on Episodic Memory in Children with Intellectual Disabilities

Abstract— Episodic memory is crucial to develop complex cognitive abilities like learning or reasoning, and non-complex cognitive abilities like calling the name of someone or remembering an appointment. It is known that an intellectual disability implies a deficit over tasks related to episodic memory, however, in the literature, there is no approach to stimulate episodic memory in children with intellectual disabilities. Because interactions with social robots have generated positive effects in children with intellectual disabilities, we propose an approach composed of three training sessions based on social robotics. In this paper, we present an exploratory study to know the effects of our approach on episodic memory in children with intellectual disabilities. The results have shown that our approach can enhance episodic memory in these children when they interact with interest and improve their performance in sessions.

Index Terms— Educational robots, educational technology, Human-robot interaction.

I. INTRODUCCIÓN

La memoria es la capacidad de almacenar información en el cerebro y posteriormente recordar esa información. En particular, la memoria episódica es un tipo de memoria declarativa que requiere la recolección consciente de la información que almacena y recuerda, y que se especializa en el almacenamiento de experiencias codificadas de una manera específica en el tiempo. Según [1], la memoria episódica circunscribe la capacidad de recordar eventos y sucesos incrustados en su contexto temporal y espacial; es decir, la memoria de "qué", "dónde" y "cuándo". En otras palabras, la memoria episódica permite recordar experiencias propias de manera explícita y consciente, cuyos elementos básicos son los eventos y los episodios [2]. Desde este enfoque, un evento puede ser descrito como una fotografía instantánea de una experiencia, y un episodio puede ser considerado como una secuencia temporal de eventos.

Durante toda la vida, la memoria episódica es crucial para

el desarrollo de las capacidades cognitivas tanto simples como complejas. Algunas capacidades cognitivas simples son [3]: recordar el nombre de alguien, la fecha actual, o una cita en el futuro cercano. Entre las capacidades cognitivas complejas se incluyen [4]: el aprendizaje y el razonamiento. También se considera que la memoria es un requisito cognitivo necesario para el desarrollo lingüístico [5]. La memoria episódica es importante para la cognición porque permite aplicar el conocimiento sobre el pasado para ejecutar tareas actuales o planificar situaciones futuras [6].

En ese sentido, alguna discapacidad intelectual implica una disminución en la memoria episódica. Según [7], se ha demostrado que cambios en el desarrollo de las estructuras neuronales y la red que soporta la memoria episódica tienen consecuencias funcionales; esto se demuestra porque los cambios estructurales en regiones del cerebro tienen incidencia en el desempeño de pruebas de memoria. En otras palabras, algún inconveniente en el desarrollo de las estructuras cerebrales se asocia con un claro déficit en tareas que involucran la memoria episódica. Formalmente, la discapacidad intelectual se define como un desorden caracterizado por alteraciones en la función cognitiva y deficiencias en dos o más aspectos del comportamiento adaptativo [8]. Dado el importante papel que juega la memoria episódica en la cognición y las dificultades que presentan las personas con discapacidad en la memorización, el objetivo de este estudio consiste en estimular la memoria episódica de niños con discapacidad intelectual.

En la literatura se encuentran varios enfoques exitosos para mejorar la memoria episódica de adultos [6, 9-13]. Recientemente, uno de esos enfoques ha sido probado en niños y adolescentes en [14], obteniendo mejoras en la memoria episódica de los adolescentes, pero no en los niños. Además, de acuerdo con [14], quienes intentaron estimular por primera vez la memoria episódica de niños, y según nuestro conocimiento, en la literatura no se encuentran enfoques orientados a estimular la memoria episódica de niños con discapacidad intelectual. Por esa razón, el objetivo de este estudio consiste en explorar ese contexto. Además, se considera que el desarrollo de herramientas orientadas a personas con discapacidad intelectual representa un campo de investigación de innumerables oportunidades que pueden contribuir a mejorar su calidad de vida [15].

Dado que los enfoques pueden ser exitosos para un grupo de personas, pero no para otros, los enfoques presentados anteriormente pudieran ser probados para mejorar la memoria episódica de los niños con discapacidad

Jesús Pérez, LaSDAI, Universidad de Los Andes, Venezuela, jesuspangulo@ula.ve, <https://orcid.org/0000-0002-6585-2648>.

Maybelin Azuaje, LaSDAI, Universidad de Los Andes, Venezuela, maybelin@ula.ve, <http://orcid.org/0000-0002-4370-0985>.

Carmen León, LaSDAI, Universidad de Los Andes, Venezuela, ccleonizarra@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2696-2959>.

Oriana Pedroza, LaSDAI, Universidad de Los Andes, Venezuela, oriana.p@ula.ve, <https://orcid.org/0000-0001-9026-4824>.

intelectual, sin embargo, en aras de descubrir un enfoque más apropiado, el interés de este estudio se enfoca en explorar una estrategia basada en robótica social. De acuerdo con [16], existe una creciente popularidad en el uso de robots sociales en entornos educativos para interactuar socialmente con los aprendices, lo cual es opuesto a los robots que fueron usados como herramientas pedagógicas. Los robots sociales son bien conocidos por estimular ganancias de aprendizaje en la enseñanza de idiomas [17] o matemáticas [18]. También es bien conocido que comportamientos personalizados por parte de los robots promueven mayores ganancias de aprendizaje en los niños [19]. En general, se ha demostrado que los robots sociales son eficaces para aumentar las ganancias cognitivas de los niños alcanzando resultados similares a los de la tutoría humana [20].

Los robots sociales también han permitido mantener el interés de niños con discapacidad intelectual [21, 22]. Incluso, se ha obtenido mayor tasa de participación mediante el uso de robots humanoides con estudiantes que tienen discapacidades de aprendizaje profundas y múltiples (más de una discapacidad) [23, 24]. En ese sentido, considerando que un robot social es un dispositivo autónomo que interactúa y se comunica con humanos, siguiendo reglas de comportamiento que dependen de las propiedades físicas del robot y del entorno en que es incorporado [25], el objetivo de esta investigación es explorar la incidencia de las interacciones con un robot social en la memoria episódica de niños con discapacidad intelectual.

II. ANTECEDENTES

Según [14], la mayoría de los estudios para mejorar el rendimiento de la memoria episódica se enfocan en adultos. Estos estudios evalúan la incidencia de algún estímulo en el rendimiento de alguna tarea de memorización basada en la memoria episódica. La incidencia positiva se ha obtenido mediante estímulos que están basados en diversas aproximaciones, tales como: preparación mental [6], entrenamiento de otro tipo de memoria [11], estímulos inconscientes [12], ejercicio físico [9], estímulos eléctricos [10], y capacitación para ejecutar las tareas de memorización [13].

En [6], promueven una estrategia de preparación mental que se aplica antes de ejecutar la tarea de memorización. La estrategia está basada en la conciencia plena que puede tener una persona para estar atento intencionalmente a lo que hace sin apegarse o rechazar la experiencia. La estrategia consiste en escuchar a través de auriculares una grabación de voz que proporciona instrucciones para promover un estado de atención a las partes del cuerpo y sensaciones físicas asociadas con la respiración. En [11], se enfocan en el entrenamiento mediante una tarea de memoria distinta a la tarea de memorización que mide el rendimiento de la memoria episódica. Este entrenamiento se hace en un momento distinto de la ejecución de la tarea de memoria episódica. Específicamente, se enfocan en una tarea que estimula la memoria de trabajo espacial, mediante 8 cuadros que van presentando una foto a la vez para que sean memorizadas tanto las fotos como las ubicaciones.

En [12], presentan una estrategia basada en estímulos

inconscientes que se aplica durante la ejecución de la tarea de memoria episódica. Esta estrategia consiste en proporcionar estímulos congruentes con el objeto a recordar. Por ejemplo, si se debe recordar una ficha con la imagen de un animal, se incluye otra ficha con la imagen de otro animal. En [9], proponen la realización de ejercicios físicos inmediatamente después de proporcionar los elementos que se deben recordar en la tarea de memorización. El ejercicio consiste en extender y flexionar la rodilla con una pierna utilizando un dinamómetro isocinético. En [10], estimulan el cerebro a través de un par de electrodos de esponja durante la tarea de memorización. Los electrodos están empapados en solución salina y se mantienen con bandas elásticas para aplicar la estimulación anódica transcranial de corriente directa sobre la corteza prefrontal dorsolateral o sobre la corteza parietal. Finalmente, en [13], se enfocan en capacitar a los sujetos con una estrategia que permite ejecutar eficientemente la tarea de memorización. La capacitación se lleva a cabo antes de la ejecución de la tarea de memorización y tiene como propósito enseñar la categorización semántica, la cual consiste en agrupar los objetos que se deben recordar en categorías basadas en sus similitudes.

La mayoría de los estudios sobre la memoria que están orientados a niños o adolescentes están basados en entrenamiento cognitivo para mejorar la memoria de trabajo [26]. En nuestra revisión sólo se encontró en [14] un intento por estimular la memoria episódica de niños y adolescentes a través de la categorización semántica, obteniendo como resultado que los adolescentes mejoraron su rendimiento en la tarea de memoria, pero los niños no.

Los antecedentes muestran que las estrategias pueden ser aplicadas antes, durante o después de la ejecución de la tarea de memorización. Además, muestran que las estrategias pueden tener incidencia positiva en la memoria episódica de los sujetos de estudio, pero que no necesariamente las estrategias estimulan a sujetos de todas las edades. Particularmente, para los casos de niños con discapacidad intelectual no se encontraron intentos por estimular su memoria episódica. De las estrategias presentadas en los antecedentes, pareciera más apropiada para los niños con discapacidad intelectual el entrenamiento con otra tarea de memorización porque permite incluir elementos que motiven al niño a completar el entrenamiento.

III. MÉTODO

La investigación se llevó a cabo con un enfoque cuantitativo de alcance exploratorio mediante un diseño preexperimental [27]. El enfoque fue cuantitativo porque se midió el fenómeno estudiado (memoria episódica). El alcance fue exploratorio porque el objetivo consistió en examinar la incidencia de un robot social en la memoria episódica de los niños con discapacidad intelectual. El diseño fue preexperimental porque se aplicó un diseño de preprueba y posprueba con un grupo, es decir, al grupo se le aplicó una prueba inicial, después se le administró una intervención basada en tres sesiones de entrenamiento con un robot social, y luego, se le aplicó una prueba final. La variable independiente estuvo representada por las sesiones de entrenamiento con el robot social, y la variable dependiente fue la memoria episódica de los niños con

discapacidad intelectual.

A. Participantes

El grupo de estudio estuvo constituido inicialmente por 12 niños con discapacidad intelectual y edades comprendidas entre 6 y 8 años. Dado que todos los niños eran estudiantes del Instituto de Educación Especial Básica “Los Andes” ubicado en Mérida, Estado Mérida, Venezuela, y todos ya estaban diagnosticados clínicamente con discapacidad intelectual, no se utilizaron instrumentos de evaluación para identificar su grado de discapacidad intelectual porque este estudio es de alcance exploratorio dado que trata un tema sin antecedentes para el caso de los niños con discapacidad intelectual. Luego de aplicar la primera prueba de memoria episódica se descartaron 6 niños porque no pudieron seguir las instrucciones necesarias para culminar exitosamente la prueba. Al finalizar la intervención se descartaron otros 2 niños porque no asistieron a las sesiones de la intervención. Finalmente, el estudio se aplicó a 4 niños, de acuerdo con las directrices de la Oficina Nacional Infantil (NCB, por sus siglas en inglés) del Reino Unido para la investigación con niños y jóvenes.

B. Prueba de Memoria Episódica

La evaluación de la memoria episódica se realizó con una prueba desarrollada por el Instituto Nacional de Salud (NIH, por sus siglas en inglés) de los Estados Unidos, para evaluar el nivel cognitivo de personas con discapacidad intelectual [28]. En general, la prueba consiste en recordar el orden de secuencias de imágenes que están temáticamente relacionadas entre sí. Específicamente, las imágenes son desplegadas en la pantalla de un computador mientras un audio describe el contenido de cada imagen. Luego, estas imágenes aparecen en orden aleatorio en el centro de la pantalla y el participante debe ubicar las imágenes en el orden mostrado inicialmente.

La prueba está constituida por 3 rondas: en la primera ronda, se muestran 5 imágenes de animales (vaca, cochino, oveja, pollo y gato); en la segunda, se muestran 5 imágenes de frutas (manzana, cambur, piña, pera y uva); y en la tercera ronda, se muestran 5 imágenes de prendas de vestir (media, pantalón, zapato, camisa y suéter). Para la aplicación de esta prueba, se utilizó una implementación propia realizada con la herramienta de programación Scratch. En la Fig. 1, se muestra la interfaz gráfica cuando las 5 imágenes de frutas aparecen en orden aleatorio en el centro de la pantalla.

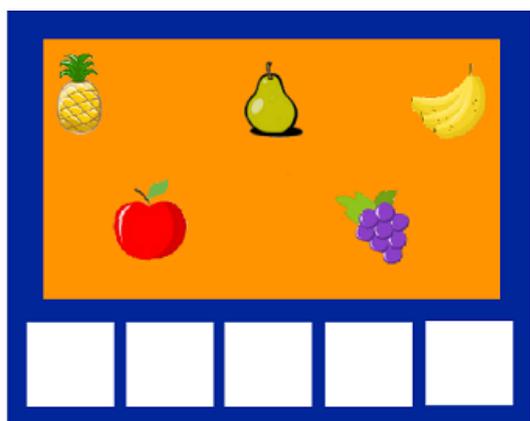


Fig. 1. Interfaz gráfica de la prueba de memoria episódica

C. Intervención para el Estímulo de la Memoria Episódica

Dado el alcance exploratorio de este estudio, la intervención se dividió en 3 sesiones, las cuales son suficientes para obtener indicios del impacto de la intervención y contribuyen a evitar la fatiga de los niños. Cada sesión tiene el propósito de estimular la memoria episódica del niño, mediante el recuerdo de secuencias de elementos pertenecientes a distintos temas: números (1, 2 y 3) en la sesión 1, animales (cochino, pollo y vaca) en la sesión 2, y frutas (manzana, cambur y piña) en la sesión 3. Las secuencias que se deben recordar son dictadas por un robot social y deben ser reproducidas por el niño a través de botones que contienen las figuras de los elementos (las figuras son etiquetas que se pegan a la parte superior de cada botón). En el experimento se utilizó el robot social LRS1 [29], el cual fue modificado según los requerimientos de la intervención.

1) Diseño de las Sesiones

Las sesiones se diseñaron según recomendaciones para el entrenamiento de la memoria y características de la interacción humano-robot. Las premisas de diseño son:

- *Premisa 1.* Comenzar la actividad con un nivel de dificultad relativamente bajo, y aumentar la dificultad en la medida en que el rendimiento aumenta [3].
- *Premisa 2.* Considerar diferencias individuales que conllevan a diferencias en los tiempos requeridos para completar las actividades [3].
- *Premisa 3.* Considerar la adaptación de la interacción según la persona que interactúa con el robot [30].
- *Premisa 4.* Considerar la modalidad de comunicación humana para el robot social [30].

En ese sentido, en cada sesión se definieron 3 niveles de dificultad (premisa 1): en el primer nivel, el robot dicta 1 elemento para que sea reproducido por el niño (esto se realiza 2 veces); en el segundo nivel, se dictan secuencias de 2 elementos (esto se realiza 3 veces); y en el tercer nivel, se dictan secuencias de 3 elementos (esto se realiza 3 veces). Además, se estableció que las sesiones no tienen tiempo límite de duración, y que para avanzar de nivel se debe responder correctamente la cantidad de secuencias estipuladas por nivel, sin importar la cantidad de intentos requeridos (premisa 2).

Para cada sesión se utiliza el siguiente patrón de interacción (ver diagrama de interacción en la Fig. 2): primero, el robot saluda incluyendo el nombre del niño (premisa 3); segundo, el robot relata una explicación de la dinámica de la sesión y menciona que el premio por completar la sesión es un caramelo; tercero, el robot genera la secuencia y espera la respuesta del niño; cuarto, el robot genera una frase de motivación cuando el niño acierta la secuencia o un sonido de error cuando el niño responde incorrectamente; y finalmente, el robot se despide ofreciendo el caramelo como recompensa por haber culminado la sesión. El tercer y cuarto paso se repiten hasta

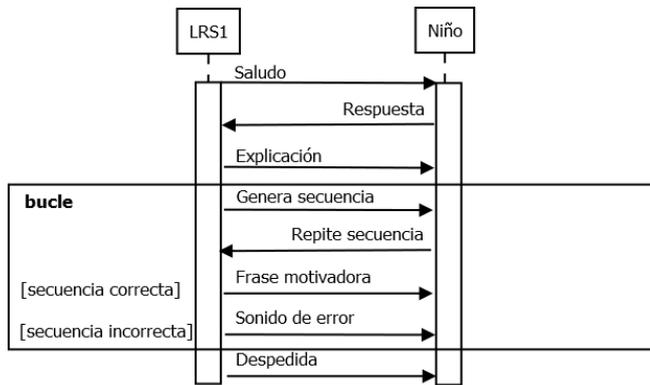


Fig. 2. Diagrama de interacción para cada sesión

que el niño responde correctamente todas las secuencias estipuladas por nivel. Durante toda la sesión, el robot se comunica verbalmente (premisa 4).

Las sesiones se llevaron a cabo en el salón de clases de los niños. El robot se ubicó en una mesa de tamaño adecuado para niños y cada niño se sentó de frente al robot. Las sesiones se realizaron durante tres días consecutivos, es decir, una sesión por cada día. Durante las sesiones se hicieron mediciones de: interés del niño, duración de la sesión, cantidad de errores por nivel, y cantidad total de errores. Para medir el interés del niño se utilizó una adaptación de la aproximación de [31] con una escala de Likert de tres categorías: interesado, si el niño responde rápido y está involucrado en la actividad; neutral, si acepta la actividad y responde lento; y desinteresado, cuando trata de evadir o no acata las instrucciones. La duración de la sesión es el tiempo transcurrido desde que el robot saluda al niño hasta que el robot se despide. Los errores son todas aquellas secuencias reproducidas por los niños que son distintas a las secuencias dictadas por el robot. Es importante destacar que un experto en educación especial estuvo presente en todo momento y fue quién determinó el nivel de interés de cada niño.

2) Modificaciones del Robot Social LRS1

El robot social LRS1 es un prototipo construido para investigar el impacto de los robots sociales mediante interacciones con personas en diversos contextos [29]. LRS1 tiene 3 habilidades principales: hablar, cambiar la expresión facial (triste, normal o feliz) y mover el cuello (arriba, abajo, izquierda, derecha o centro). En la Fig. 3 se muestra el prototipo original del robot social LRS1, el cual está soportado por una tarjeta Arduino UNO para controlar tanto servomotores como LEDs (Diodos Emisores de Luz). La apariencia de LRS1 está determinada por el rostro, el cual se compone de LEDs tanto circulares como rectangulares, y una máscara.

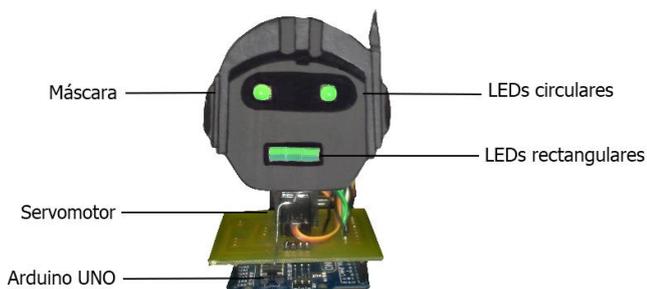


Fig. 3. Prototipo original del robot social LRS1 [29]

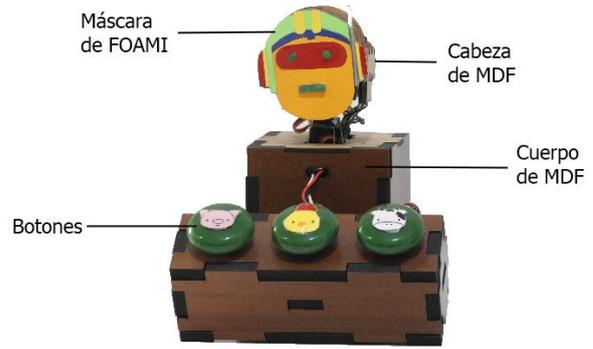


Fig. 4. Prototipo modificado del robot social LRS1

Para obtener actitudes más positivas de los niños hacia el robot, se recomienda que el robot tenga un cuerpo compacto [32] y que la apariencia incluya colores brillantes [33]. En ese sentido, para el experimento se realizaron 4 modificaciones al prototipo original del robot social LRS1: primero, se construyó el cuerpo del robot con material MDF de 7 mm; segundo, se rediseñó la cabeza con piezas de material MDF de 3 mm; tercero, se elaboró una máscara con material FOAMI de colores llamativos; y cuarto, se agregaron 3 botones para la comunicación del niño con el robot. El robot social LRS1 modificado se presenta en la Fig. 4. Finalmente, la programación del robot social se realizó con la biblioteca PR1-ULA [34].

IV. RESULTADOS

En la preprueba de memoria episódica, los niños obtuvieron los siguientes resultados: el primer niño (N1) ubicó correctamente 10 imágenes; el segundo niño (N2) ubicó correctamente 8 imágenes; el tercer niño (N3) y el cuarto niño (N4) ubicaron correctamente 6 imágenes. Dado que en la prueba se alcanza la mayor puntuación cuando se ubican correctamente 15 imágenes, los niños N1 y N2 alcanzaron puntuaciones mayores al 50%; pero los niños N3 y N4 alcanzaron puntuaciones menores al 50% (ver Tabla I). Las puntuaciones iniciales alcanzadas indican que los niños son capaces de realizar la actividad establecida en la prueba donde predomina el uso de la memoria episódica; además, como las puntuaciones no son altas, los resultados sugieren que los niños pueden recibir algún entrenamiento en aras de mejorar el uso de la memoria episódica, y en consecuencia, mejorar su puntuación.

En la posprueba, los niños N1 y N4 mejoraron su puntuación con respecto a la preprueba: en el caso de N1, la puntuación mejoró desde 10 hasta 11; en el caso de N4, la puntuación mejoró desde 6 hasta 13. Por otra parte, los niños N2 y N3 disminuyeron su puntuación: N2 disminuyó desde 8 hasta 6; y N3 disminuyó desde 6 hasta 3 (ver Fig. 5). El resultado deseado sólo se obtiene en el niño N4

TABLA I
RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE MEMORIA EPISÓDICA

Prueba	N1		N2		N3		N4	
	P	%	P	%	P	%	P	%
Preprueba	10	66.7	8	53.3	6	40	6	40
Posprueba	11	73.3	6	40	3	20	13	86.7

P = Puntuación, % = Porcentaje, N1 = Niño 1, N2 = Niño 2, N3 = Niño 3, N4 = Niño 4

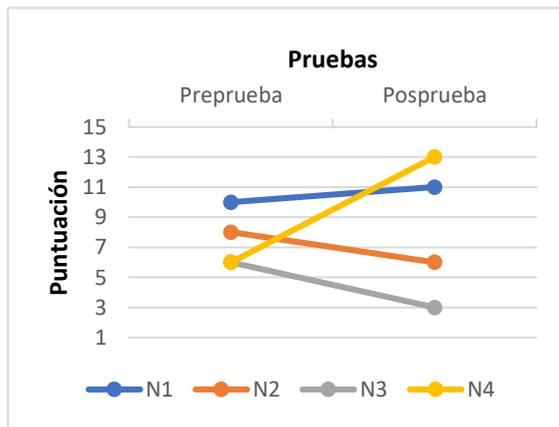


Fig. 5. Puntuaciones de la preprueba y la posprueba

porque tuvo un incremento de 46.7%. Aunque en el niño N1 también se observó un incremento, la puntuación final es muy cercana a la puntuación inicial. Los resultados de N2 y N3 son inesperados porque la puntuación final fue menor a la puntuación inicial.

El niño N4, quién alcanzó el resultado deseado, sólo participó en las últimas 2 sesiones, mostrándose interesado todo el tiempo. En la sesión 2, con una duración de 3 minutos con 41 segundos, obtuvo 6 errores, pero en la sesión 3, que duró 1 minuto con 23 segundos, no obtuvo errores. El niño N4 mejoró el tiempo de duración de las sesiones y disminuyó la cantidad de errores. En general, el niño N4 obtuvo mejor rendimiento que los otros niños (ver Tabla II). Por su parte, el niño N1, quién obtuvo un leve incremento en la puntuación, participó en la primera y en la última sesión, pero no participó en la segunda sesión. Similar a N4, el niño N1 se mostró interesado todo el tiempo, mejoró su tiempo de duración, y disminuyó la cantidad de errores: en la sesión 1, con duración de 5 minutos con 44 segundos, cometió 14 errores; y en la sesión 3, que duró 3 minutos con 44 segundos, cometió 4 errores.

El niño N2, quién disminuyó su puntuación, participó en las 3 sesiones mostrándose interesado y mejorando su tiempo de duración (ver Tabla II). Sin embargo, aunque

TABLA II
RESULTADOS DE LAS INTERVENCIONES

Niño	Sesión	Duración (minutos)	Nivel de interés	Errores por nivel			Errores totales
				1	2	3	
N1	1	5:44	Interesado	0	7	7	14
	2	-	-	-	-	-	-
	3	3:00	Interesado	0	0	4	4
N2	1	4:43	Interesado	2	2	4	8
	2	4:00	Interesado	2	0	4	6
	3	3:00	Interesado	0	4	0	4
N3	1	5:20	Neutral	0	2	7	9
	2	4:24	Desinteresado	0	4	3	7
	3	3:34	Neutral	1	0	2	3
N4	1	-	-	-	-	-	-
	2	3:41	Interesado	0	3	3	6
	3	1:23	Interesado	0	0	0	0

N1 = Niño 1, N2 = Niño 2, N3 = Niño 3, N4 = Niño 4

disminuyó la cantidad de errores totales (8, 6, y 4 errores, en las sesiones 1, 2, y 3, respectivamente), hay inconsistencias en la cantidad de errores por nivel, por ejemplo, en la primera sesión cometió 2 errores en el nivel 2, pero en la tercera sesión cometió 4 errores en el mismo nivel. Esto es inconsistente porque la cantidad de errores aumentó en el nivel 2. Por otra parte, el niño N3, a diferencia de los demás, se mostró desinteresado o neutral en las sesiones. Además, aunque mejoró el tiempo de duración de las sesiones y disminuyó la cantidad de errores totales, también mostró inconsistencias porque en la primera sesión cometió 2 errores en el nivel 2, pero en la segunda sesión cometió 4 errores en ese nivel. En este caso, ese incremento de errores en el nivel 2 coincide con una disminución de interés, desde neutral a desinteresado. El niño N3 fue el único que no mostró interés durante las sesiones, y fue quien obtuvo menor puntuación en ambas pruebas.

V. DISCUSIÓN

Los niños N1 y N4, quienes obtuvieron mejores resultados en la posprueba con respecto a la preprueba, sólo participaron en 2 de las 3 sesiones planificadas, mostrándose interesados (nivel de interés más alto) en ambas sesiones, y disminuyendo tanto la duración como la cantidad de errores. En otras palabras, en la segunda sesión en la que participaron, los niños mejoraron su rendimiento con respecto a la sesión anterior. Estos resultados permiten decir que la intervención basada en robótica social mejoró el rendimiento de la memoria episódica de 2 niños con discapacidad intelectual.

Al comparar los resultados de la intervención de los 2 niños que mejoraron su puntuación en la prueba, se observa que cuando un niño disminuye el tiempo de duración de la sesión, también disminuye la cantidad de errores. Esto es razonable porque se considera como buen rendimiento cuando un niño culmina la sesión en el menor tiempo posible con la menor cantidad de errores. Además, se puede apreciar que el niño que obtuvo mejor rendimiento en la última sesión de la intervención también obtuvo el mejor rendimiento en la posprueba, pero no en la preprueba; esto tiene sentido porque tanto la prueba como la intervención están enfocadas en capacidades asociadas a la memoria episódica. Estos resultados permiten decir que la intervención es apropiada para estimular la memoria episódica.

Aunque los niños que disminuyeron la puntuación en la posprueba con respecto a la preprueba también disminuyeron la cantidad de errores totales, se observan inconsistencias en la cantidad de errores por nivel porque en algunos casos la cantidad de errores por nivel aumentó con respecto a la sesión anterior. Esta inconsistencia puede explicarse en uno de los niños (N3) porque en el nivel que aumentó la cantidad de errores por nivel también disminuyó su nivel de interés desde neutral hasta desinteresado. Esto permite decir que un buen nivel de interés favorece el rendimiento en la intervención. Particularmente, en este estudio es razonable la disminución del interés del niño porque el robot por sí mismo es el medio para despertar el interés del niño, en vez de tener comportamientos motivadores explícitos y personalizados, los cuales pueden mantener el interés de los niños por más tiempo [19].

Los niños, a excepción de uno, mostraron un nivel alto de interés durante las sesiones de la intervención. Este fenómeno, denominado efecto novedoso, se esperaba porque los niños interactuaron por primera vez con un robot social durante la intervención. El efecto novedoso tiende a estimular efectos positivos durante el periodo de novedad [35], y como la mayoría de los niños estuvieron interesados durante toda la intervención, se puede decir que 2 o 3 sesiones de interacción con el robot social LRS1 mantienen el efecto novedoso.

El estudio exploratorio permitió descubrir que una intervención basada en robótica social puede mejorar el rendimiento de la memoria episódica en niños con discapacidad intelectual, siempre que el niño pueda seguir las instrucciones de la actividad. Por ejemplo, en este estudio se descartaron 6 de los participantes iniciales porque no pudieron seguir las instrucciones necesarias para culminar exitosamente la preprueba. El estudio exploratorio también permitió develar una premisa que puede predecir resultados positivos en la memoria episódica. La premisa develada es: la memoria episódica de un niño con discapacidad intelectual puede ser mejorada con una intervención basada en robótica social, si el niño se muestra interesado en las sesiones, y, además, disminuye el tiempo de duración y la cantidad de errores por nivel en cada sesión con respecto a la anterior. En concordancia con el alcance de los estudios exploratorios que anteceden a investigaciones correlacionales [27], esta premisa debe ser validada en investigaciones futuras.

Aunque en la literatura se encuentran propuestas para mejorar la memoria episódica [6, 9-13], la propuesta de este estudio es innovadora porque está basada en robótica social. Dados los resultados positivos de este estudio exploratorio, se puede decir que tal como otras propuestas [21-24] que están basadas en robótica social para contextos distintos a la memoria episódica, la propuesta de este estudio logró un efecto positivo en los niños con discapacidad intelectual.

VI. CONCLUSIONES

Las recomendaciones para el entrenamiento de la memoria y los aspectos de la interacción humano-robot, guiaron el diseño de una intervención donde un robot social pronuncia verbalmente secuencias de elementos que un niño debe reproducir mediante botones en aras de estimular su memoria episódica. La intervención se dividió en 3 sesiones y cada sesión se dividió en 3 niveles con orden de complejidad creciente. De 4 niños con discapacidad intelectual que participaron en la intervención, 2 niños mejoraron su memoria episódica. Las variables medidas durante la intervención permitieron observar un patrón en el rendimiento de los niños que mejoraron la memoria episódica. El patrón incluye interés en todas las sesiones y disminución tanto del tiempo de duración como de la cantidad de errores por nivel con respecto a la sesión anterior.

El objetivo de este estudio, relacionado con explorar la influencia de una intervención basada en robótica social sobre la memoria episódica de niños con discapacidad intelectual, permitió develar que estos niños sí pueden mejorar su memoria episódica con este tipo de intervenciones. De acuerdo con el conocimiento de los autores de esta investigación, es la primera vez que se

propone una estrategia basada en robótica social para este contexto, por lo tanto, aunque los resultados son exploratorios, representan un aporte para la educación especial como estrategia para estimular la memoria episódica, y para la robótica social como medio útil para fomentar el aprendizaje en niños con discapacidad intelectual.

VII. TRABAJOS FUTUROS

Las investigaciones futuras pueden tomar 2 direcciones. Primero, teniendo como referencia los resultados prometedores del estudio exploratorio, se debe diseñar un experimento con grupos de control, que permita ratificar los resultados obtenidos. En este caso, se recomienda [3]: añadir más actividades en las sesiones para evitar la sobre especialización, y utilizar varios tipos de evaluaciones de la memoria episódica para determinar si los efectos se pueden generalizar. Segundo, asumiendo que las intervenciones basadas en robótica social funcionan, se debe investigar qué factores moderan el éxito de las intervenciones y cómo estos factores pueden manipularse para hacer que el entrenamiento sea más efectivo, por ejemplo, qué regímenes de entrenamiento tienen más probabilidades de conducir a mejoras generales y duraderas.

REFERENCIAS

- [1] E. Tulving, "Episodic Memory: From Mind to Brain," *Annual Review of Psychology*, vol. 53, pp. 1-25, Feb. 2002, doi: 10.1146/annurev.psych.53.100901.135114.
- [2] W. Wang *et al.*, "Neural Modeling of Episodic Memory: Encoding, Retrieval, and Forgetting," in *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*, vol. 23, no. 10, pp. 1574-1586, Oct. 2012, doi: 10.1109/TNNLS.2012.2208477.
- [3] C. Ranganath, K. Flegal and L. Kelly, "Can Cognitive Training Improve Episodic Memory?," *Neuron*, vol. 72, no. 5, pp. 688-691, 2011, doi: 10.1016/j.neuron.2011.10.022.
- [4] P. Bauer *et al.*, "III. NIH Toolbox Cognition Battery (CB): measuring episodic memory," *Monogr Soc Res Child Dev*, vol. 78, no. 4, pp. 34-48, Aug. 2013, doi: 10.1111/mono.12033.
- [5] J. Vega and C. Peña, "Comunicación y memoria visual en escolares con discapacidad intelectual. Una relación clave para la intervención," *Indivisa. Boletín de Estudios e Investigación*, vol. 17, pp. 179-197, 2017.
- [6] K. Brown *et al.*, "Mindfulness Enhances Episodic Memory Performance: Evidence from a Multimethod Investigation," *PLoS ONE*, vol. 11, no. 4, pp. 1-19, 2016, doi: 10.1371/journal.pone.0153309.
- [7] E. Sowell *et al.*, "Improved memory functioning and frontal lobe maturation between childhood and adolescence: a structural MRI study," *J Int Neuropsychol Soc*, vol. 7, no. 3, pp. 312-322, Mar. 2001, doi: 10.1017/s135561770173305x.
- [8] M. Tassé *et al.*, "Development and Standardization of the Diagnostic Adaptive Behavior Scale: Application of Item Response Theory to the Assessment of Adaptive Behavior," *Am J Intellect Dev Disabil*, vol. 121, no. 2, pp. 79-94, Mar. 2016, doi: 10.1352/1944-7558-121.2.79.
- [9] L. Weinberg *et al.*, "A single bout of resistance exercise can enhance episodic memory performance," *Acta Psychol (Amst)*, vol. 153, pp. 13-19, 2014, doi: 10.1016/j.actpsy.2014.06.011.
- [10] R. Manenti *et al.*, "Enhancing verbal episodic memory in older and young subjects after non-invasive brain stimulation," *Front Aging Neurosci*, vol. 5, pp. 1-9, Sep. 2013, doi: 10.3389/fnagi.2013.00049.
- [11] S. Rudebeck *et al.*, "A potential spatial working memory training task to improve both episodic memory and fluid intelligence," *PLoS ONE*, vol. 7, no. 11, 2012, doi: 10.1371/journal.pone.0050431.
- [12] X. Laurent, A. Estévez and P. Marí-Beffa, "Evidences for better recall of congruent items in episodic memory," *Cogn Process*, vol. 21, no. 3, pp. 469-477, Aug. 2020, doi: 10.1007/s10339-020-00963-x.
- [13] E. Miotto, C. Savage, J. Evans, B. Wilson, M. Martins, S. Iaki and E. Amaro, "Bilateral activation of the prefrontal cortex after strategic

- semantic cognitive training," *Hum Brain Mapp*, vol. 27, no. 4, pp. 288-295, 2006, doi: 10.1002/hbm.20184.
- [14] E. Miozzo *et al.*, "Effects of semantic categorization strategy training on episodic memory in children and adolescents," *PLoS ONE*, vol. 15, no. 2, Feb. 2020, doi: 10.1371/journal.pone.0228866.
- [15] L. Segatto, M. Melo and G. da Silva, "Proposal of an educational game for improvement of cognitive performance of intellectually disabled people," 2017 IEEE Canada International Humanitarian Technology Conference (IHTC), Toronto, ON, 2017, pp. 109-112, doi: 10.1109/IHTC.2017.8058168.
- [16] T. Belpaeme, J. Kennedy, A. Ramachandran, B. Scassellati, and F. Tanaka, "Social robots for education: A review," *Science robotics*, vol. 3, no. 21, 2018, doi: 10.1126/scirobotics.aat5954
- [17] R. Van Den, J. Verhagen, O. Oudgenoeg-Paz, S. Van Der Ven and P. Leseman, "Social robots for language learning: A review," *Review of Educational Research*, vol. 89, no. 2, pp. 259-295, 2019, doi: 10.3102/0034654318821286
- [18] A. Ramachandran, C. Huang and B. Scassellati, "Give Me a Break! Personalized Timing Strategies to Promote Learning in Robot-Child Tutoring," 2017 12th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI), Vienna, Austria, 2017, pp. 146-155.
- [19] H. Park, I. Grover, S. Spaulding, L. Gomez, and C. Breazeal, "A model-free affective reinforcement learning approach to personalization of an autonomous social robot companion for early literacy education," In *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, vol. 33, no. 1, pp. 687-694, 2019.
- [20] P. Vogt *et al.*, "Second Language Tutoring Using Social Robots: A Large-Scale Study," 2019 14th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI), Daegu, Korea (South), 2019, pp. 497-505, doi: 10.1109/HRI.2019.8673077.
- [21] D. Conti *et al.*, "Evaluation of a Robot-Assisted Therapy for Children with Autism and Intellectual Disability," In: M. Giuliani, T. Assaf, M. Giannaccini (eds) *Towards Autonomous Robotic Systems. TAROS 2018. Lecture Notes in Computer Science*, vol. 10965, 2018, doi.org/10.1007/978-3-319-96728-8_34.
- [22] J. Shukla *et al.*, "Robot Assisted Interventions for Individuals with Intellectual Disabilities: Impact on Users and Caregivers," *International Journal of Social Robotics*, vol. 11, pp. 631-649, 2019, doi: 10.1007/s12369-019-00527-w.
- [23] P. Standen *et al.*, "Engaging Students with Profound and Multiple Disabilities Using Humanoid Robots," In: Stephanidis C., Antona M. (eds) *Universal Access in Human-Computer Interaction (UAHCI 2014). Lecture Notes in Computer Science*, vol. 8514, 2014, doi: 10.1007/978-3-319-07440-5_39.
- [24] J. Shukla *et al.*, "A Case Study of Robot Interaction Among Individuals with Profound and Multiple Learning Disabilities," In: A. Tapus, E. André, J. Martin, F. Ferland, A. Ammi (eds) *Social Robotics. ICSR 2015. Lecture Notes in Computer Science*, vol. 9388. Springer, 2015, doi: 10.1007/978-3-319-25554-5_61.
- [25] S. Moral, D. Pardo and C. Angulo, "Social Robot Paradigms: An Overview," In: J. Cabestany, F. Sandoval, A. Prieto, M. Corchado (eds) *Bio-Inspired Systems: Computational and Ambient Intelligence. IWANN 2009. Lecture Notes in Computer Science*, vol. 5517, 2009, doi: 10.1007/978-3-642-02478-8_97.
- [26] G. Sala and F. Gobet, "Working memory training in typically developing children: a meta-analysis of the available evidence," *Developmental Psychology*, vol. 53, no. 4, pp. 671-685, 2017, doi: 10.1037/dev0000265
- [27] R. Hernández, C. Fernández and M. Baptista, "Metodología de la Investigación," 6th ed., DF, México: McGraw-Hill, 2014.
- [28] D. Hessel *et al.*, "The NIH Toolbox Cognitive Battery for intellectual disabilities: three preliminary studies and future directions," *Journal of Neurodevelopmental Disorders*, vol. 8, no. 35, Sep. 2016, doi: 10.1186/s11689-016-9167-4.
- [29] J. Pérez and J. Castro, "LRS1: Un Robot Social de Bajo Costo para la Asignatura "Programación I"," *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada*, vol. 2, no. 32, pp. 68-77, 2018, doi: 10.24054/16927257.v32.n32.2018.3028.
- [30] J. Pérez, J. Aguilar and E. Dapena, "MIHR: A Human-Robot Interaction Model," in *IEEE Latin America Transactions*, vol. 18, no. 09, pp. 1521-1529, September 2020, doi: 10.1109/TLA.2020.9381793
- [31] O. Rudovic, J. Lee, L. Mascarell-Maricic, B. Schuller, and R. Picard, "Measuring Engagement in Robot-Assisted Autism Therapy: A Cross-Cultural Study," *Frontiers in Robotics and AI*, vol. 4, no. 36, 2017, doi: 10.3389/frobt.2017.00036
- [32] M. Oros, M. Nikolić, B. Borovac and I. Jerković, "Children's preference of appearance and parents' attitudes towards assistive robots," 2014 *IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots*, Madrid, Spain, 2014, pp. 360-365, doi: 10.1109/HUMANOIDS.2014.7041385.
- [33] S. Woods, "Exploring the design space of robots: Children's perspectives," in *Interacting with Computers*, vol. 18, no. 6, pp. 1390-1418, Dec. 2006, doi: 10.1016/j.intcom.2006.05.001.
- [34] J. Pérez and M. Azuaje, "LEI: una estrategia amistosa para un curso introductorio de programación," *Revista Educación En Ingeniería*, vol. 14, no. 28, pp. 45-53, 2019.
- [35] M. Koch *et al.*, "The Novelty Effect in Large Display Deployments – Experiences and Lessons - Learned for Evaluating Prototypes," In: *Proceedings of 16th European Conference on Computer-Supported Cooperative Work - Exploratory Papers, Reports of the European Society for Socially Embedded Technologies*, 2018, doi: 10.18420/ecscw2018_3.



Jesús Pérez recibió el título de Ingeniero de Sistemas en la Universidad de Los Andes, Venezuela, en 2014, y el grado de Doctor en Ciencias de la Educación en la Universidad Fermín Toro, Venezuela, en 2019. Él es profesor del Laboratorio de Sistemas Discretos, Automatización e Integración (LaSDAI), Universidad de Los Andes, Venezuela. Sus intereses de investigación incluyen la Interacción Humano-Robot y el Pensamiento Computacional.



Maybelin Azuaje recibió el título de Ingeniero de Sistemas en la Universidad de Los Andes, Venezuela, en 2018, y el grado de Máster en Transformación Digital e Industria 4.0 en la Universidad Isabel I, España, en 2021. Ella es miembro del Laboratorio de Sistemas Discretos, Automatización e Integración (LaSDAI). Sus intereses de investigación incluyen Robótica e Internet de las Cosas.



Carmen León recibió el título de Ingeniero de Sistemas en la Universidad de Los Andes, Venezuela, en 2021. Ella es miembro del Laboratorio de Sistemas Discretos, Automatización e Integración (LaSDAI). Sus intereses de investigación incluyen Robótica y Niños con Discapacidad Intelectual.



Oriana Pedroza es estudiante de Ingeniería de Sistemas en la Universidad de Los Andes, Venezuela, desde 2016. Ella es miembro del Laboratorio de Sistemas Discretos, Automatización e Integración (LaSDAI). Sus intereses de investigación incluyen Robótica e Introducción a la Programación.