

Sistemas basados en realidad virtual para el aprendizaje de conductas sociales no verbales en niños con autismo.

Gabriela Salas Quinteros

Universidad de Costa Rica



## Abstract

La Realidad Virtual es ahora una herramienta valiosa para la investigación y el entrenamiento de habilidades sociales en niños con autismo. El presente trabajo realiza una revisión de 5 diferentes sistemas basados en realidad virtual para mejorar las conductas sociales no verbales de los niños con autismo. Estos sistemas proporcionan oportunidades realistas y dinámicas para practicar en escenarios sociales virtuales, dando como resultado una mejora en la cognición social.



Sistemas basados en realidad virtual para el aprendizaje de conductas sociales no verbales en niños con autismo.

### **Introducción**

Las personas con autismo demuestran un deterioro en las funciones cognitivas sociales, como la comunicación social y el reconocimiento de emociones. Esto hace que se sientan abrumadas y ansiosas en las interacciones sociales (Didehbani, Allen, Kandalaft, Krawczyk, & Chapman, 2016). Por lo cual se debe desarrollar y evaluar la efectividad de los entrenamientos de cognición social en niños con autismo para mejorar sus interacciones sociales y su calidad de vida (DiGennaro, Hyman, & Hirst, 2011).

El uso de la realidad virtual (RV) proporcionan contextos cotidianos seguros y controlados para practicar escenarios sociales, como encontrar a alguien con quien sentarse o invitar a alguien a una fiesta (Parsons, Mitchell, & Leonard, 2005). Estos intercambios sociales se pueden practicar repetidamente. Además, esta práctica dinámica en diferentes contextos de RV puede facilitar la generalización de las habilidades sociales aprendidas en RV a las interacciones de la vida cotidiana (Bellani, Fornasari, Chittaro, & Brambilla, 2011). También proporciona un entorno de apoyo para que los niños puedan cometer errores sin la ansiedad o el miedo al rechazo que comúnmente se asocia con las interacciones sociales cara a cara. Tienen la opción de retroalimentación mejorando así la experiencia de aprendizaje, menciona Didehbani et al (2016). Y hay estudios que afirman que la tecnología es muy motivadora y gratificante para los niños con autismo. (Parsons & Mitchell, 2002)

Este trabajo se enfoca en 5 sistemas basados en RV que han examinado la viabilidad y efectividad de esta como una opción para mejorar la cognición social en niños con autismo. Algunos resaltan las tareas sociales en un entorno virtual y otros fortalecen sus análisis utilizando un rastreador de seguimiento ocular para proporcionar retroalimentación basado en los patrones de mirada durante la tarea de comunicación social en RV. Sin embargo, existen limitaciones en estos estudios, los cuales se mencionarán al final del trabajo para que futuros estudios puedan ampliar esos descubrimientos logrando así diseñar otros métodos o nuevos enfoques.



### **Pregunta de investigación**

¿Cuáles son los mecanismos que permiten a los niños con autismo aprender conductas sociales de comunicación no verbal a través de un entrenamiento con realidad virtual?

### **Objetivos**

#### **Objetivo General**

Determinar los mecanismos que permiten a los niños con autismo aprender conductas sociales de comunicación no verbal a través de un sistema basado en realidad virtual.

#### **Objetivos Específicos**

- Describir los mecanismos involucrados en el reconocimiento facial de niños con autismo en un sistema basado en realidad virtual.
- Describir los mecanismos involucrados en el reconocimiento de emociones de niños con autismo en un sistema basado en realidad virtual.
- Describir los mecanismos involucrados en la mirada social o contacto visual de niños con autismo en un sistema basado en realidad virtual

### **Definición conceptual**

#### **Autismo**

El trastorno del espectro autista o TEA (por sus siglas) es un trastorno del neurodesarrollo caracterizado por déficits en la interacción social y la comunicación acompañados por patrones restringidos de interés y comportamiento. Las personas con TEA muestran dificultades relacionadas con interacciones sociales recíprocas fluidas complejas, incluidas las relacionadas con procesamiento de información social (situación y el diálogo) y comprensión de la comunicación no verbal (Lahiri, Bekele, Dohrmann, Warren, & Sarkar, 2013).

Las tres áreas principales de dificultad de las personas con autismo se conocen como la "tríada de deficiencias": (1) deterioro social (dificultades para relacionarse con otras personas), (2) deterioro de la comunicación (verbal y no verbal), y (3) rigidez en el pensamiento, lenguaje y comportamiento (conductas que son repetitivas, estereotipadas y de naturaleza rígida) (Halabi et al., 2017). Algunas otras características asociadas incluyen retrasos en el desarrollo de la cognición, el lenguaje, gestos y movimiento, y déficits en la actividad imaginativa y el juego simbólico (Josman, Ben-Chaim, Friedrich, & Weiss, 2008). Además los nuevos criterios del DSM-5 incluyen problemas sensoriales.(Patel, Preedy, & Martin, 2014)

## **Realidad Virtual**

La realidad virtual (RV) es una simulación del mundo real basada en computadora, proporciona un medio multisensorial y multidimensional en el que los usuarios pueden interactuar en tiempo real. La RV se distingue de otras interfaces tecnológicas por dos características claves: inmersión e interacción, según Patel et al. (2014). La inmersión es la sensación tridimensional de presencia o "estar allí" dentro del entorno virtual. Los autores dicen que esto mejora el aprendizaje al aumentar la atención a los estímulos de tareas relevantes y realistas y la limitación de la distracción de los estímulos extraños.

La RV ofrece el potencial para crear entornos de pruebas, capacitación y tratamiento sistemáticos que permiten el control preciso de presentaciones de estímulos 3D dinámicos, inmersivas y complejas dentro de las cuales es posible la interacción sofisticada, el seguimiento del comportamiento y el registro de rendimiento (Rizzo & Kim, 2005). Por estas razones, los diseñadores e investigadores han comenzado explorar la realidad virtual como una herramienta terapéutica para niños con autismo.

## **Conductas sociales (no verbales)**

Son aquellas conductas que ayudan a comunicarse con otro a través de expresiones faciales, contacto visual, gestos corporales y tacto (Patel et al., 2014). Las conductas

sociales que se utilizarán como variables de esta investigación son aquellas no verbales tales como:

**Reconocimiento facial.** Es la capacidad de reconocer a las personas en función de las características faciales, según Patel et al. (2014). Agrega que esta habilidad parece tener un valor adaptativo porque comienza temprano en la vida y se requiere en todas las etapas del desarrollo. De hecho, el rostro humano es uno de los primeros estímulos que observa un recién nacido. Patel et al. (2014) dicen que los bebés tienen un sistema visual inmaduro y no pueden determinar los detalles de las caras, pero si pueden identificar bocas y ojos. Sin embargo, este efecto puede ser menos pronunciado o ausente en individuos diagnosticados con TEA. (Riby & Hancock, 2009). Esto es importante en relación con las habilidades sociales porque percibir y reconocer las caras de los demás es un requisito fundamental para lograr la interacción social (Iarocci, Burack, Shore, & Mottron, 2006). También sirve como base para habilidades sociales más complejas.

Al percibir rostros, las personas con desarrollo típico utilizan una técnica específica llamada procesamiento global o enfoque holístico. Este enfoque permite combinar todas las características de la cara (por ejemplo, ojos sobre la nariz) y percibir las como una sola entidad, en lugar de percibir cada característica por separado (Deruelle, Rondan, Gepner, & Tardif, 2004). A diferencia de las personas con un desarrollo típico, las personas con TEA no usan procesamiento global y no tratan una cara como una configuración (Joseph & Tanaka, 2003). Algunos creen que atienden a características individuales, lo que se identifica como procesamiento local o enfoque basado en partes, según Deruelle et al (2004). Esto puede estar vinculado a un sesgo perceptivo general hacia el procesamiento local (frente al procesamiento global) de detalles.

**Reconocimiento de emociones.** Es la capacidad de reconocer e identificar las emociones de los demás con base a señales no verbales, según Patel et al. (2014). Los niños adquieren esta habilidad muy temprano. Para el cuarto al sexto mes, los bebés atienden las emociones de los demás y responden de manera diferente según el afecto facial observado. A la edad de 2 años, los niños comienzan a responder pro-socialmente

a la angustia de otra persona al consolarlos (Zahn-Waxler & Radke-Yarrow, 1990). Sin embargo, los niños con TEA, tienen dificultad para percibir las emociones de los demás (Trepagnier, 1996). Por ejemplo, cuando se les pide a los niños con TEA que vean las expresiones faciales angustiadas de los demás, miran por menos tiempo y muestran menos preocupación en comparación con los niños con desarrollo normal (Dawson, Meltzoff, Osterling, Rinaldi, & Brown, 1998).

Los niños con TEA también parecen tener dificultades para entender cómo usar las expresiones faciales para identificar el afecto de la persona, según menciona Patel et al. (2014). Los sesgos de la mirada en la cara pueden contribuir a los déficits de reconocimiento de la emoción porque, en muchos casos, percibir expresiones emocionales requiere mirar a los ojos un comportamiento en el que las personas con TEA experimentan dificultades. (Stern, Bruschiweiler-Stern, & Freeland, 1998).

**Mirada social y contacto visual.** Las personas con TEA tienen más dificultad cuando los ojos están dirigidos hacia ellos. Esto puede deberse a que individuos con TEA han informado haber experimentado una reacción ansiosa al contacto visual (Kliemann, Dziobek, Hatri, Steimke, & Heekeren, 2010). Esto refleja un comportamiento de evitación, el cual puede volverse habitual. Sin embargo, las personas con TEA tienen dificultades para determinar el contenido emocional, no solo de las caras, sino también de los movimientos corporales y las voces, lo que sugiere un deterioro más global, explica Patel et al. (2014). Un ejemplo que dan estos autores dicen que los niños con TEA pueden poner énfasis en la atención en la región de la boca cuando perciben rostros, mientras que los niños con desarrollo típico tienden a enfocarse más en la región del ojo. Este es respaldado por investigaciones que usan tecnología de seguimiento ocular (Klin, Jones, Schultz, Volkmar, & Cohen, 2002).

Las personas con TEA generalmente tienen menos mirada social que las personas con desarrollo típico. Patel et al. (2014) menciona el modelo Hiper-amígdala, el cual sugiere que cuando las personas con TEA miran la cara de otra persona, experimentan una mayor respuesta emocional (hiperactivación de la amígdala). De hecho, la activación de la amígdala parece estar correlacionada positivamente con la cantidad de

tiempo que un individuo con TEA se fija visualmente en la región del ojo (Kliemann et al., 2010). Por lo dicho anteriormente parece que el procesamiento de la emoción desempeña un papel en los patrones de la mirada de las personas con TEA.

### **Realidad virtual en el tratamiento del autismo**

Usar la RV como una herramienta de rehabilitación para niños con autismo tiene numerosas ventajas. Para Patel et al. (2014), la RV puede fusionar los enfoques existentes para el tratamiento del autismo que tradicionalmente han sido difíciles de integrar. La rehabilitación del autismo abarca desde estrategias conductuales específicas del contexto hasta intervenciones naturalistas dirigidas, no estructuradas. El enfoque de comportamiento utiliza principios de repetición y refuerzo para cambiar comportamientos específicos (Lovaas, 2003), mientras que los métodos naturalistas aprovechan las oportunidades de aprendizaje tal como aparecen en entornos naturales (Cowan & Allen, 2007). La eficacia del enfoque conductual ha sido ampliamente validada para cambiar conductas específicas en niños con autismo, como aumentar el contacto visual, expresar necesidades, comportarse de acuerdo con las normas sociales y aprender habilidades académicas básicas, como lectura, escritura y pensamiento crítico (Magliaro, Lockee, & Burton, 2005). Estos enfoques son difíciles de fusionar, sin embargo la RV tiene la capacidad y el potencial de incorporar los componentes esenciales de los enfoques conductuales y naturalistas en un programa unificado e integrado.

Los diseñadores de RV pueden incorporar estrategias de comportamiento directamente en el programa, Patel et al (2014) dicen que incluye instrucción directa, múltiples instrucciones, orientación y refuerzo. La RV también facilita múltiples oportunidades de repetición. Patel et al. (2014) destacan que los programas de RV pueden incorporar principios clave de generalización que son esenciales para las intervenciones naturalistas, en particular reforzar la habilidad en una variedad de contextos, utilizando materiales de enseñanza y métodos de instrucción específicos, haciendo que el entorno de enseñanza sea similar al entorno real (con estímulos naturales y reforzadores) según Cowan y Allen (2007).



Los programas de RV ofrece una variedad de entornos controlados, diseñados con estímulos naturales, señales y retroalimentación. Los entornos virtuales están diseñados fundamentalmente para simular situaciones de la vida real; por lo tanto, existe un alto grado de validez ecológica, explica Patel et al (2014). La validez ecológica es el grado en que el entorno virtual simula el entorno real, y la alta validez ecológica aumenta la probabilidad de que las habilidades aprendidas en el entorno simulado se transferirá o se generalizará al mundo real, según explican Rizzo y Kim (2005).

Además, la complejidad del entorno virtual se puede modificar. Disminuir la complejidad del entorno o aumentar los estímulos preferidos puede servir para aumentar la atención y el compromiso del niño. Los niños con autismo se adaptan más fácilmente a los cambios en las actividades diarias cuando se brindan apoyos adicionales para ayudarlos a anticipar eventos futuros y comprender qué comportamientos se esperan de ellos, según Hurth et al (1999).

Patel et al. (2014) dicen que tener el control sobre el diseño de la aplicación de realidad virtual permite incorporar estrategias sistemáticas de enseñanza en el programa. Las instrucciones e indicaciones se pueden integrar en cada etapa de la tarea. La intervención de RV también puede proporcionar retroalimentación en una variedad de formas y modalidades sensoriales, agregan Rizzo y Kim (2005).

La realidad virtual ofrece un beneficio único: el acceso seguro a entornos realistas que se considerarían peligrosos en el mundo real, como el cruce de calles o la seguridad contra incendios. Practicar habilidades peligrosas en un entorno virtual permite al niño desarrollar habilidades cognitivas y físicas adecuadas, así como la confianza necesaria para utilizar esta habilidad de forma segura en el mundo real (Self, Scudder, Weheba, & Crumrine, 2007). El desarrollo de la confianza y la competencia en un entorno seguro y sin prejuicios es una de las capacidades más valiosas de los sistemas de RV.

Halabi et al (2007) dicen que la RV proporciona un entorno de capacitación simplificado pero exploratorio sin interacción compleja de persona a persona. La naturaleza de los entornos virtuales es tal que mantienen la capacidad de inducir estímulos controlados (verbales o no verbales) y también permiten controlar el

comportamiento del niño en el entorno virtual (EV). El agente virtual juega un papel importante en los mundos virtuales ya que facilita el proceso de comunicación entre el entorno virtual y los niños con autismo (Ramachandiran, Jomhari, Thiyagaraja, & Maria, 2015).

### **Sistemas basados en realidad virtual para el entrenamiento en autismo**

La RV tiene el potencial de apoyar el aprendizaje social y el desarrollo de la comunicación en niños con autismo. A continuación, se presentan 5 sistemas que se han creado y probado preliminarmente para su uso en niños con autismo. Se verá que cada programa adopta un enfoque ligeramente diferente para mejorar las conductas sociales (no verbales) y de comunicación, tanto en el diseño del entorno virtual como en la intensidad de la intervención en sí.

### **Entorno de aprendizaje virtual colaborativo (EAVC)**

Este programa permite que varias personas interactúen entre sí dentro del mismo entorno virtual (Cheng & Ye, 2010). Fue diseñado para aumentar la competencia social en niños con autismo. El diseño de realidad virtual incluyó dos escenas virtuales, un salón de clases y una escena al aire libre. Las escenas incluían avatares separados (personajes virtuales), cada uno representando ya sea un instructor o un estudiante, e involucraban tareas sociales que requerían comunicación verbal y no verbal entre avatares. Por ejemplo, el avatar del instructor realizaría un comportamiento, haría una pregunta o expresaría una emoción, y se le pediría al alumno que responda de manera apropiada. El programa de intervención fue diseñado para niños en edad escolar con autismo y consta de cinco sesiones de intervención, cada una de 30-40 minutos de duración. Los informes de tres niños con autismo han demostrado mejoras progresivas en el grado y la sofisticación en la percepción y expresión de la comunicación verbal y no verbal, así como el aumento de conductas positivas como el contacto visual, los modales adecuados y la capacidad de escuchar a los demás, según menciona Cheng y Ye (2010).

### **Entrenamiento de Cognición Social en Realidad Virtual (ECS-RV)**

Otro estudio que utiliza un sistema específico de RV es el trabajo de Didehbani et al. (2016), en el cual participaron 26 hombres y 4 mujeres con TEA, con edades comprendidas entre 7 y 16 años. Todas las medidas se administraron antes del inicio de la intervención y dentro de las dos semanas posteriores a la finalización de la intervención social (2 sesiones dos veces por semana durante 5 semanas). Las medidas utilizadas por Didehbani et al. (2016) fueron:

**NEPSY segunda edición-reconocimiento de afecto facial:** Didehbani et al. (2016) usaron una serie de fotografías coloreadas de la cara de un niño en tres tareas diferentes. En la primera tarea, el participante seleccionó una de las cuatro caras que representaban la misma emoción que la cara de un niño en la parte superior de la página. En una segunda tarea, el participante seleccionó dos fotografías de las caras que muestran el mismo efecto de una selección de cuatro fotografías. Finalmente, el participante examinó una fotografía de la cara de un niño durante 5 segundos, y luego, de memoria, seleccionó dos fotografías que coincidían con la misma emoción que la cara mostrada previamente.

**Expresiones faciales de emoción, estímulos y pruebas** También midieron el reconocimiento del afecto. Se presentan elementos del Ekman60: una serie de imágenes en blanco y negro de adultos proyectadas en una computadora. Se les pidió a los participantes elegir entre las siguientes emociones básicas; feliz, triste, miedo, sorpresa, ira y disgusto.

Los participantes completaron una prueba previa antes de comenzar el programa. Cada participante completó 10 sesiones del ECS-RV. Cada sesión permitió 3 escenarios y se les dio una retroalimentación, explica Didehbani et al. (2016) Los autores utilizaron los siguientes EV: un aula de la escuela, un comedor, un patio de recreo, un campamento, una pista de carreras, un restaurante de comida rápida, una tienda de tecnología, un apartamento, una cafetería, una tienda de deportes, y un parque central. Los avatares, que representan al usuario en el mundo virtual se modelaron para parecerse a cada participante y al clínico. Los avatares eran capaces de correr, caminar,

saltar y usar una variedad de gestos de brazos y cuerpo, según Didehbani et al (2016).

Didehbani et al. (2016) explica que el enfoque del ECS-RV fue proporcionar un contexto social para practicar la comunicación social y habilidades de cognición social. Todas las sesiones tuvieron lugar en un EV con un par, un clínico como "entrenador" y un médico que jugó varias partes en las interacciones sociales. La retroalimentación fue dada en respuesta a la interacción de cada participante. Los participantes fueron instruidos por el "entrenador" dentro del EV que los dirigió a una situación social en un lugar específico y con una persona específica con la que interactuar (médico).

Cada escenario social fue diseñado para enfatizar un objetivo social de aprendizaje: conocer gente nueva, tratar con un matón, lazos con amigos, enfrentar conflictos, consolar a un amigo, o manejar dilemas sociales (es decir, cumplir con un extraño, atrapando a alguien haciendo trampa). Los escenarios fueron contruidos específicamente para representar el mundo real comúnmente experimentando situaciones sociales que enfrentan los niños, explica Didehbani et al. (2016). Los autores dicen que el objetivo de aprendizaje en cada sesión se volvió progresivamente más complejo con sesiones iniciales centradas en aprender a iniciar y seguir una conversación con un nuevo amigo y sesiones posteriores centradas en mantener las relaciones y manejar el dilema.

Además, cada participante estaría impulsado por un aviso social (por ejemplo, vas a conocer a un amigo en el comedor) y se insta a la persona a elegir cómo responder de acuerdo con lo preestablecido en las respuestas del clínico (por ejemplo: consejos sociales que incluían un sentimiento emocional en su tono de voz). El clínico involucraría al participante en una conversación sin guiones que proporciona "pistas" sociales en que se esperaba que el participante respondiera o siguiera.

Un ejemplo del estudio de Didehbani et al. (2016) es la sesión 4 "Sad Puppy", el avatar del entrenador les da instrucciones para ir al parque a encontrarse con un amigo. El avatar del clínico, asumió el papel como un amigo de la misma edad que acaba de perder a su perrito. El clínico actuó muy molesto por su pérdida y esperó una respuesta por los participantes. Si los participantes no pudieron responder, el clínico inició la conversación y respondió de una manera que proporcionó comentarios abiertos para que

el participante los siga o iniciar una respuesta de vuelta, explicó Didehbani et al. (2016). Luego el entrenador de RV les daría una retroalimentación a ambos participantes. El entrenador de RV hizo preguntas estructuradas sobre la participación del participante en la situación social y discutió la participación de la respuesta a su amigo triste (es decir, ¿por qué estaban tristes? ¿podrías animarla?).

### **Sistema basado en realidad virtual con tecnología de respuesta adaptativa.**

El trabajo de Lahiri et al (2013) desarrolló un sistema interactivo basado en RV con tecnología de respuesta adaptativa sensible a las miradas que integró las tareas basadas en RV con técnicas de seguimiento ocular, con el fin de facilitar la participación en tareas relevantes y avanzar en habilidades de comunicación. Tal sistema es capaz de identificar objetivamente y cuantificar el nivel de compromiso midiendo patrones de visualización en tiempo real, los cambios sutiles en el ojo y respuestas fisiológicas, así como las métricas de rendimiento y responder adaptativamente de manera individualizada para fomentar mejores habilidades de comunicación social entre los participantes, describe Lahiri et al (2013). Los participantes fueron ocho niños con TEA.

El objetivo principal de la investigación de Lahiri et al. (2013) fue desarrollar una base de RV para la intervención de TEA. Los autores intentaron crear una herramienta que podría: 1) Permitir la medición en tiempo real de un patrón de aspecto fisiológico ocular asociada cuando participa en una red social basada en una tarea de comunicación en RV y 2) Adaptar las tareas en este entorno y proporcionar comentarios individualizados basados en las inferencias sobre el compromiso hecho a partir de estas mediciones. El sistema basado de Lahiri et al. (2013) estaba compuesto por 1) un tarea de comunicación social basado en RV, 2) un módulo de monitoreo visual en tiempo real, y 3) un sistema individualizado (módulo) de respuesta adaptativa que utiliza una regla gobernada por un mecanismo inteligente de predicción del compromiso. Además, un terapeuta estuvo observando al niño desde una cámara. Con base a esta observación, el terapeuta calificó el nivel de participación, según comentan los autores.

1. Módulo de tareas de comunicación social basado en RV: Lahiri et al. (2013)

diseñaron hilos de conversación para redes sociales bidireccionales entre los avatares y los participantes. El módulo de tareas de comunicación social estaba compuesto por 1) un módulo de presentación de tareas, y 2) un módulo de conversación bidireccional.

**Módulo de presentación de tareas:** Eran 24 tareas sociales en las que los avatares narraron historias personales a los participantes. Estas historias se basaron en diversos temas de interés para niños y adolescentes (por ejemplo, deporte favorito, experiencia con una película, etc). Un avatar podría hacer gestos de señalar y moverse dinámicamente en un EV. Por ejemplo, cuando un avatar narró su viaje a una playa, el entorno de realidad virtual reflejaba la vista de la playa. Cuando el avatar narró algunas de sus actividades favoritas en la playa, como broncearse durante el día, el mundo de realidad virtual mostraba una situación de este tipo al participante. Lahiri et al. (2013) usaron 12 avatares, seis hombres y seis mujeres, distribuidos al azar durante las 24 módulos de tareas de presentación.

**Módulo de conversación bidireccional** Fue diseñado para fomentar la interacción social en forma de conversación bidireccional. El participante debía conversar con el avatar eligiendo declaraciones/preguntas en una secuencia particular en el menú. Lahiri et al. (2013) monitoreaban la mirada fija del participante durante la conversación para evaluar cuánto tiempo se pasó mirando la cara del avatar. La estructura basada en menús se utilizó para desarrollar hilos de conversación porque ofrecía una cantidad de ventajas, por ejemplo, control dimensional al limitar el rango de entradas, y proporcionar orientación al participante por lo tanto minimizando el diálogo repetitivo. El grado de dificultad de interacción era controlado por la cantidad de preguntas que un participante debía preguntar y por la naturaleza de la conversación.

2. Módulo de monitoreo de la mirada fija en tiempo real: El sistema captura datos oculares de un participante que interactúa con un avatar usando gafas de seguimiento ocular. Permitiendo el análisis de diámetro de pupila y la relación de

aspecto de pupila, explican Lahiri et al. (2013).

### 3. Módulo de respuesta adaptativa individualizada:

**Sistema Sensible al rendimiento (SR):** El mecanismo de cambio de tareas ajustó la dificultad de interacción al cambiar tareas de tipo 1, tipo 2 y tipo 3, basado en el desempeño en la tarea de comunicación social, según Lahiri et al. (2013). El sistema presenta tres niveles de dificultad ("Fácil", "Medio" y "Alto"). Cuando el rendimiento de la tarea de un participante es "Adecuado", la progresión de la tarea continuaba paso por paso al tiempo que aumenta el nivel de dificultad de la tarea. Pero, si por otro lado, el rendimiento es "Inadecuado", entonces el sistema reduce la dificultad de la tarea.

**Sistema sensible al compromiso (SC)** También se analizó cuánto se involucró el niño en la tarea. No fue suficiente pasar a un nivel superior; adicionalmente, se tuvo que mirar al avatar apropiadamente para indicar que estaba comprometido en la conversación. El compromiso de uno con la tarea social basada en RV, Lahiri et al. (2013) lo predijeron en base a mediciones objetivas como, dinámica de patrones de visualización, índices fisiológicos de los ojos y diámetro de la pupila. Se cuantificó el compromiso en tres niveles: "no comprometido" "Moderadamente comprometido" y "altamente comprometido", respectivamente.

### **Sistema de comunicación social basada en realidad virtual con seguimiento ocular.**

Este sistema midió el puntaje de desempeño junto con índices sincronizados relacionados con la mirada en tiempo real, mientras que se interactuaba con tareas sociales basadas en RV que tenían componentes tanto verbales como no verbales de interacción social relevantes para el contexto. Este estudio contó con la participación de ocho niños con TEA y ocho niños con desarrollo típico, los cuales mostraron el potencial del sistema para tener implicaciones en el rendimiento de una tarea y los índices relacionados con la mirada en respuesta a las expresiones emocionales del par. La implicación de las emociones en los índices conductuales y fisiológicos relacionados con

la mirada muestra el potencial del uso de índices relacionados con la mirada como marcadores biológicos de la propia ansiedad durante la comunicación social. (Raj, Oza, & Lahiri, 2016)

El sistema tiene tres módulos: (A) tarea de comunicación social basada en VR, (B) supervisor para la conmutación de tareas y (C) adquisición de datos de la mirada visual.

1. Módulo de tareas de comunicación social basado en realidad virtual: Se diseñaron EV para situaciones sociales reales, así como también caras de avatar que muestran expresiones emocionales. El módulo de tareas se diseñó como un entorno de tareas interactivas que consta de dos fases: (1) fase de historia y (2) fase del cuestionario.

- Fase de historia: Un avatar relató su experiencia relacionada con un evento social. Raj et al. (2016) diseñaron 9 historias sociales (tareas) que fueron narradas por los avatares mientras exponían a los participantes a diferentes escenarios sociales de la vida cotidiana. Por ejemplo, mientras un avatar narraba su experiencia de una fiesta de cumpleaños, el EV mostraba ese evento. El avatar relató su experiencia de cortar el queque, decorar la habitación, desenvolver regalos, etc. Simultáneamente, el avatar mostraba emociones relevantes para el contexto, como: feliz, enojado y neutral. También los avatares fueron capaces de hacer contacto visual con los participantes. La mirada fue vital para controlar el turno de conversación interactiva. Un patrón típico de mirada involucrado en una conversación uno a uno consistía en que el oyente miraba hacia la cara del orador (70% del tiempo) con miradas cortas lejos de la cara (30% del tiempo). Las voces se grabaron de forma monótona, para garantizar que los participantes no tuvieran ninguna pista sobre la emoción, sino que debían mirar hacia la cara del avatar para comprender las emociones.
- Fase del cuestionario: El participante se comunicó con el avatar mediante una interfaz basada en menús. El participante debía responder a cinco preguntas relacionadas con la experiencia narrada por el avatar durante la "fase de historia",



seleccionando su opción entre las tres opciones presentadas para cada pregunta.

Al final de cada tarea, el sistema entregó retroalimentación individualizada a los participantes en función de su desempeño.

2. Supervisor para la conmutación de tareas: Raj et al. (2016) presentaron tareas basadas en RV que eran de tres tipos en función de las preguntas formuladas por el avatar. Las preguntas se categorizaron en contexto relevante (CR), proyección contingente (PC) y reconocimiento de emociones (RE). Las preguntas de CR estaban relacionadas con el contexto social narrado por el avatar. Las preguntas de la PC tenían una asociación indirecta con la situación de la historia que no había sido abordada directamente por el avatar durante la narración. La pregunta PC fue diseñada para hacer que el participante razone los hechos antes de responder. Y la pregunta del RE estaba dirigida a identificar la emoción del comunicador. Por ejemplo, una fiesta de cumpleaños. En esta situación, una pregunta de RC puede ser "¿Qué celebré ayer?" La respuesta correcta será "fiesta de cumpleaños". Una vez más, la pregunta de la PC puede ser "¿Qué le ofrecerás a tu amigo en su cumpleaños?", Que no se abordó directamente en la historia. Se le pidió al participante que eligiera una de las tres opciones: nada, regalo y evitarlo. La respuesta correcta sería "regalo". Finalmente, la pregunta de RE puede ser "¿Cómo me sentí ayer en la fiesta de cumpleaños?" Se esperaba que el participante eligiera "feliz" (para la cara feliz del avatar). El Supervisor (algoritmo) fue flexible al ofrecer tareas que pertenecen a diferentes contextos sociales para evitar la monotonía de interacción de tareas. El Supervisor calculó el porcentaje de rendimiento y, posteriormente, presentó tareas de diversos tipos al participante.
3. Módulo de adquisición de datos de mirada ocular: Se adquirieron los datos de la mirada de los participantes mientras participaban en las tareas de comunicación social. Raj et al. (2016) desarrollaron un módulo para adquirir datos de mirada sin procesar desde el rastreador ocular hasta la plataforma de RV. Se consideraron dos índices fisiológicos, por ejemplo, PD (diámetro de la pupila) y BR (parpadeo) y también un índice de comportamiento, por ejemplo, duración de la fijación

(DF). El rastreador ocular permitió la estimación del diámetro promedio de la pupila (PDAVG), tasa media de parpadeo (BRMEAN), eje principal de la pupila (PMA), así como también la medida de la duración de la fijación total (DF), recuentos de fijación y duración media de la fijación.

### **Sistema de presentación de expresiones emocionales faciales basado en realidad virtual**

Este sistema permite controlar la mirada y las señales fisiológicas. El estudio involucraba a diez niños con TEA y diez niños en desarrollo típico como grupo de control. El seguimiento ocular y los datos fisiológicos se analizaron para determinar las variaciones intragrupal e intergrupales de la mirada y los patrones fisiológicos. Los índices de seguimiento ocular y características fisiológicas indicaron que había diferencias en la forma en que los niños con TEA procesan y reconocen las caras emocionales en comparación con sus pares de desarrollo típico (Bekele et al., 2013). Hubo dos fases en este estudio: la fase en línea consistía en presentación de estímulos, el seguimiento ocular y la monitorización fisiológica, mientras que la fase fuera de línea consiste en el procesamiento y análisis de datos fuera de línea.

La aplicación de seguimiento de ojos ("Eye Tracker") calcula los índices fisiológicos oculares (IF) como el diámetro de la pupila (DP) y la frecuencia de parpadeo (BR) y los índices de comportamiento (BI) como la duración de la fijación (DF) a partir de los datos de la mirada sin procesar. El DF se correlaciona con la atención en una región específica de estímulos visuales mientras que los IF y BR son indicativos de sensibilidad al reconocimiento de emociones.

Las señales fisiológicas monitoreadas fueron: electrocardiograma (ECG), pletistemógrafo de pulso (PPG), temperatura de la piel (SKT) y respuesta galvánica de la piel (GSR). Debido a las deficiencias de comunicación social, a menudo existen desafíos inherentes para que los individuos identifiquen, describan y muestren (por ejemplo, no verbalmente) estados afectivos internos específicos, según Bekele et al (2013). Sin embargo, las señales fisiológicas no se ven afectadas por estas alteraciones y pueden ser útiles para comprender los estados psicológicos internos de los niños con

TEA. Por lo tanto Bekele et al (2013) hipotetizaron que los niños estarían sujetos a menos estrés cuando pudieran identificar las expresiones emocionales correctamente en comparación cuando los identificaban erróneamente y, en consecuencia, tendrían diferentes respuestas fisiológicas.

Se seleccionaron y personalizaron un total de siete personajes, incluidos cuatro niños y tres niñas. Dado que el objetivo principal era mostrar las expresiones emocionales faciales, se dio mayor énfasis a la estructura de la cara. Por lo que se usaron las siete expresiones emocionales universalmente aceptadas propuestas por Ekman. Las expresiones son: disfrute, sorpresa, desprecio, tristeza, miedo, disgusto e ira. El rango de cada expresión facial tenía cuatro niveles de excitación: bajo, medio, alto y extremo.

El análisis de los datos de la mirada se realizó para determinar los patrones de visión del comportamiento de los niños con TEA en comparación con los de sus pares de desarrollo típico (DT). Los índices de comportamiento, como el lugar donde miraban en términos de coordenadas de pantalla, se agruparon en ROI, los cuales representaban las siguientes regiones: frente, ojos (izquierda y derecha), nariz y boca. Las regiones faciales fuera de las 5 regiones de interés definidas se categorizaron como "otras regiones faciales" mientras que las regiones fuera de las regiones faciales se definieron como "regiones no faciales". El otro índice de comportamiento considerado para el análisis fue la duración de la fijación, la cual se calculó para cada punto de mirada durante la interacción en línea. Los datos de duración de la fijación filtrada se usaron para calcular la duración promedio de la fijación (FDave). Otro importante índice conductual del ojo asociado con la duración de la fijación, llamado suma total de los recuentos de fijación (SFC), también se calculó a partir de los datos de la duración de la fijación filtrada. Los índices fisiológicos del ojo, es decir, la velocidad de parpadeo y el diámetro de la pupila también se procesaron posteriormente. Los datos de BR también se filtraron según los intervalos de parpadeo típicos. Estos datos se analizaron para descifrar cualquier diferencia de patrón entre dos situaciones: 1) cuando el sujeto identificó correctamente la emoción, y 2) cuando no identificó correctamente la emoción.

De las cuatro canales de señales fisiológicas recogidas (ECG, PPG, SKT y GSR),

se extrajeron 16 características. Estas características se eligieron debido a su correlación con el compromiso y el proceso de reconocimiento de emociones como menciona Bekele et al (2013). Por ejemplo, la velocidad a la que cambia la actividad cardiovascular puede usarse para distinguir los niveles de excitación de una emoción. La actividad electrodermal medida mediante GSR es indicativa de respuesta a estímulos externos que pueden hacer que el sujeto se ponga tenso o ansioso.

Se realizó un análisis comparativo para ver si el patrón fisiológico de los niños con TEA era diferente cuando identificaban correctamente las emociones en comparación a cuando no podían identificarlos. También, Bekele et al (2013) midieron la efectividad general de los adolescentes en el grupo TEA en la identificación de las caras emocionales en comparación con el DT. Midieron la corrección como porcentaje del número total de ensayos, los autores preguntaron a los participantes qué tan seguros estaban de sus elecciones y su latencia para responder.

En general, el sistema de comprensión emocional facial basado en RV presentó un total de 28 ensayos correspondientes a las 7 expresiones emocionales, cada una de las cuales tiene 4 niveles. El personaje narró una historia que estaba vinculada a la expresión emocional. El avatar exhibió una cara emocional neutral durante la narración de cuentos. Los sujetos fueron instruidos para evaluar las emociones en función de los últimos 5 segundos de interacción. La historia se usó para dar contexto a las emociones mostradas. Al final de cada prueba, aparecieron cuestionarios en la pantalla que indicaban al sujeto que etiquetara la emoción que creía que mostraba el avatar.

### **Síntesis de los Resultados**

En el análisis del entorno de aprendizaje virtual colaborativo (EAVC) de Cheng y Ye (2010) los participantes entendieron el significado de la percepción y la expresión en la interacción social y fueron capaces de entender la comunicación no verbal realizada por el personaje 3D después de la intervención. Por ejemplo, la participante "Ruby" tuvo un puntaje promedio 7 en "comprensión de comunicación no verbal", lo que demuestra que no era buena para comprender la comunicación no verbal realizada por

el personaje 3D en la línea de base. Tampoco pudo interactuar con los investigadores y evitó el contacto visual con ellos. Sin embargo, después de la intervención del sistema de interacción social EAVC, su puntaje para "entender la comunicación no verbal" varió de 7 a 12.6.

Con respecto al contacto visual, los participantes fueron capaces de mejorar su "contacto visual". Por ejemplo, Ruby tuvo los puntajes más bajos para el "contacto visual". Después de usar el EAVC, Ruby realizó un contacto visual más frecuente; su puntaje aumentó de 4.3 a 9.3. Esto indica que ella hizo contacto visual más frecuente con los investigadores después de la intervención. Esto demuestra que el uso de la intervención del sistema de interacción social EAVC tuvo un efecto positivo sobre los participantes y también facilitó el aprendizaje sostenido. Por lo tanto, el sistema de interacción social EAVC de Cheng y Ye (2010) proporciona una oportunidad para facilitar la mejora de la interacción social recíproca en niños con autismo. A su vez el estudio de Lahiri et al. (2013) proporcionó índices de procesamiento de información social durante las interacciones, la mirada y la medición fisiológica de aspectos de esa mirada por lo que pudieron comprender cómo el participante se involucraba con la tarea. Tales marcadores pueden proporcionar pistas sobre si un individuo está atendiendo aspectos específicos de la interacción y para la naturaleza de sus experiencias afectivas (por ejemplo, disfrute, ansiedad, aburrimiento, etc.) durante las tareas. Los autores agregan que tal capacidad puede habilitar el desarrollo de sistemas inteligentes capaces de proporcionar adaptaciones en tiempo real que refuerzan en gran medida las mejoras en el área central de déficit relacionadas con TEA.

Por otro lado, el estudio de Bekele et al (2013) comparó los patrones de mirada del grupo TEA con los del grupo control durante los últimos 5 segundos de los ensayos cuando el avatar mostró una expresión emocional. Encontraron una diferencia de mirada estadísticamente significativa entre los dos grupos, los niños con TEA miraron 11.32% ( $p < 0.05$ ) más hacia el área de la frente y 12% ( $p < 0.05$ ) menos hacia el área de la boca que los sujetos DT. Se observaron patrones de aspecto similar hacia el área de la frente (grupo TEA) y la boca (grupo DT) cuando ambos grupos identificaron:

correctamente las emociones mostradas por los avatares, cuando el avatar cambió su expresión emocional de neutral a un estado objetivo, cuando ambos grupos se equivocaron al identificar las emociones mostradas por los avatares. Los niños en el grupo TEA también prestaron menos atención al área del ojo que el grupo DT en promedio. Otro hallazgo interesante del estudio de Bekele et al (2013) con respecto al procesamiento facial fue que los niños con TEA gastaron mucho más tiempo examinando caras antes de la respuesta y con frecuencia tenían menos confianza en sus calificaciones.

En el estudio de Bekele (2013) los patrones fisiológicos de los ojos, estuvieron representados por el diámetro medio de la pupila (PDave) y las tasas medias de parpadeo (BRave). El PD fue un indicativo de cuán comprometido está en un tema. Se demostró que los niños con TEA tienen un trastorno anormal del parpadeo en los ojos en comparación con los sujetos DT. En general, los niños con autismo mostraron un diámetro de pupila y tasas de parpadeo más bajo en todos los escenarios (casos de visualización de emociones, casos de narración de historias, cuando identificaban incorrectamente las emociones en comparación con sus contrapartes típicas). Estos resultados indican que hay claras diferencias de patrones en las respuestas fisiológicas de los niños con TEA al realizar tareas sociales como la identificación de caras emocionales.

Por otro lado, los padres de los participantes del estudio de Cheng y Ye (2010) mencionaron que el sistema proporciona una buena información visual y ayuda a sus hijos en reconocimientos emocionales, lo que podría mejorar su trato visual con los demás y la capacidad de concentración, y adicionalmente la interacción social. Los participantes tuvieron un gran entusiasmo hacia el sistema y a la vez, los padres estaban satisfechos. Por lo que se encontró que la representación de situaciones animadas tridimensionales en un ambiente virtual fue capaz de estimular la motivación. Esto también lo afirma el estudio de Raj et al. (2016), en el cual reveló que a todos los participantes les gustaba interactuar con el sistema. Por lo que la interacción con el sistema dio lugar a variaciones en las puntuaciones de rendimiento de los grupos TEA y DT en respuesta a las expresiones emocionales de los avatares.

Los resultados del estudio de Cheng y Ye (2010) encontraron que los participantes mantuvieron su aprendizaje en su vida diaria de acuerdo con lo que notaron sus padres. Por ejemplo: Ruby, después de usar el sistema de interacción social EAVC, redujo las frecuencias de conductas estereotipadas y aumentó la comprensión de la interacción social en el sistema. Ella comenzó a concentrarse en escuchar y responder las preguntas.

Con respecto al reconocimiento de emociones, en el estudio de Cheng y Ye (2010), los padres reportaron que sus hijos muestran más capacidad para comprender las emociones y los sentimientos de los demás, y aceptan más las sugerencias de los demás. En el entrenamiento de cognición social en realidad virtual (ECS-RV) de Didehbani et al (2016) los niños también mejoraron en el rendimiento de las tareas de reconocimiento de emociones a pesar de que el ECS-RV no entrenó específicamente eso, lo que posiblemente puede ser el resultado de efectos de práctica. También mejoró la teoría de la mente (TdM), es decir capacidad de comprender la perspectiva. Así como también hubo una mejora en el razonamiento analógico (función ejecutiva), la cual fue entrenada en cada sesión, donde los participantes se dedicaron a la toma de decisiones y soluciones basadas en la estrategia durante cada encuentro social, según Didehbani et al. (2016). Según los autores estos dos últimos elementos pudieron ayudar a mejorar el reconocimiento de emociones.

El estudio de Raj et al. (2016), encontró que para el grupo DT, la emoción feliz tuvo mayor reconocimiento en comparación con el de las emociones enojado y neutro. En cambio, con el grupo TEA fue menor para la emoción "enojado" en comparación con la de feliz, que a su vez fue menor que para la expresión neutral. Raj et al (2016) sugieren que las personas con TEA generalmente se sienten incómodas con la expresión emocional "enojada" que conduce a la ansiedad, lo que resulta en un aumento de la carga de trabajo cognitivo y bajo rendimiento. Esta incomodidad y ansiedad también afectó la velocidad de respuesta a las preguntas sobre las expresiones emocionales, ya que el grupo DT, en general, fue más rápido que el grupo TEA. Sin embargo, los resultados del estudio de Bekele et al (2013) no sugirieron diferencias entre los grupos TEA y DT en el reconocimiento de emociones. De hecho, en algunos casos, los

individuos con TEA reconocieron las expresiones con mayor precisión que el grupo DT.

Además Raj et al. (2016) observaron variaciones en los índices fisiológicos (PDAVG y BRMEAN) correspondientes a las expresiones emocionales. Cuando los participantes con TEA estuvieron expuestos a la cara "feliz", su PDAVG (promedio del diámetro de la pupila) fue menor en comparación con la cara "no feliz". Una razón probable puede ser su patrón de visión atípico. Además, el aumento en PDAVG para el grupo TEA para cara "no feliz" puede ser un indicador de que su nivel de ansiedad aumento. Y el aumento en la frecuencia de parpadeo pudo inferir un aumento en la carga de trabajo cognitiva y ansiedad. El cambio en BRMEAN (tasa media de parpadeo) para el grupo TEA para la expresión "enojado" fue mayor que las expresiones "feliz" (en 22.93%) y "neutral" (en 17.11%). Estos resultados indican que las emociones enojadas de los avatares pudieron causar implicaciones casi significativas en BRMEAN del grupo TEA. Raj et al. (2016) agrega que el autismo se caracteriza por la dificultad de interactuar con los comunicadores que muestran una expresión facial enojada posiblemente debido a un aumento de la ansiedad. Por el contrario, el grupo DT mostró un BRMEAN reducido para la expresión "enojado" en comparación con las expresiones "feliz" y "neutral".

Para el reconocimiento facial, los resultados del sistema basado en RV con tecnología de respuesta adaptativa de Lahiri et al. (2013) indicaron un mejor rendimiento durante las tareas sociales en RV junto con mecanismos alentadores socialmente apropiados (por ejemplo, mayor visualización de la cara del comunicador) para fomentar habilidades efectivas de comunicación social entre los participantes con TEA. Un enfoque fue entender cómo las personas con autismo procesan los problemas sociales y las emociones a través de la cara, según Lahiri et al. (2013). Por lo que el reconocimiento de afecto (cara) se considera una habilidad muy importante para facilitar la comunicación interpersonal.

En el estudio de Raj et al. (2016), la "fase de historia" reveló que el grupo TEA miró fuera del estímulo visual durante aproximadamente el 39% del tiempo cuando los avatares demostraron expresiones emocionales. Para el grupo TEA, el FDFACE



(duración de la fijación de la cara) fue mucho menor (20,8%) que el grupo DT. Esto indica que los participantes (TEA) con alta ansiedad social demuestran menos fijaciones hacia las caras. Para FDNON-FACE (duración de la “no” fijación de la cara), las personas con TEA por lo general se obsesionan más con las regiones sin rostro. Para Raj et al (2016) también fue importante el número de veces (COUNT) que se fija en la región de la cara del comunicador (es decir, conteos de fijación). El COUNTFACE correspondiente a diferentes emociones fue casi similar para los grupos TEA y DT. Pero el COUNTNON-FACE para el grupo DT es considerablemente menor que el grupo TEA. La duración promedio de la fijación (AFD) puede verse influenciada por la ansiedad, según Raj et al. (2016). El grupo TEA tenía un AFDFACE más bajo mientras miraba hacia la cara del avatar con emoción “enojado” que con las otras emociones. El AFDNON-FACE del grupo TEA fue más alto en el caso de la emoción “enojado” del avatar que las emociones feliz (en un 40.50%) y neutral (en un 26.48%).

### **Conclusión**

Gracias a los hallazgos de las investigaciones presentadas en este trabajo, la RV es una herramienta que podría enseñar y mejorar las habilidades sociales de los individuos con TEA. Se encontró que los entornos virtuales eran sencillos de usar para los niños con autismo por lo que hubo un alto nivel de compromiso y de atención. También se encontró que la animación 3D, la capacidad de interactuar con el avatar (expresivo) y los efectos de sonido proporcionaron una gran motivación para los participantes. Por lo que esto pudo facilitar la comprensión de las situaciones sociales y emocionales del mundo real.

Se menciona la importancia del uso de los personajes virtuales o avatares (representaciones virtuales de una persona) para cualquier forma de interacción social y / o desarrollo de habilidades dentro del entorno virtual. Por lo tanto, uno de los desafíos para el diseño exitoso de la RV es cómo estos avatares y su papel en el medio ambiente pueden ser interpretados por niños con autismo. La RV también permite la participación de los niños en conductas recíprocas y compartidas.

Cada uno de los cinco sistemas basados en realidad virtual, abordaron el problema de diferente manera, mostrando así un potencial para mejorar las necesidades sociales y comportamientos comunicativos (verbales y no verbales). Hubo sistemas que fueron capaces de recopilar datos oculares y fisiológicos mientras los niños con TEA participaban en tareas de reconocimiento de emociones, reconocimiento y expresión facial y mirada social.

Estos estudios contribuyen también al desarrollo de nuevos paradigmas de intervención capaces de aprovechar las ventajas de la RV. Como por ejemplo, el diseño de tecnologías educativas para niños con TEA, el cual requeriría la integración de una variedad de factores que incluyen teorías pedagógicas y cognitivas. Por lo que esta área de estudio puede llegar a ser prometedora en un futuro en el ámbito educativo. Así como también una combinación de rehabilitación cognitiva tradicional y tecnología de RV pueden ofrecer una alternativa para estudiar y mejorar deterioros cognitivos subyacentes a diferentes trastornos mentales.

### **Limitaciones**

Estos estudios demuestran que los niños con TEA pueden usar sistemas basados en RV y que pueden mejorar la comunicación verbal y no verbal. Sin embargo, es común que en este tipo de investigaciones se encuentren con ciertas limitaciones.

- El tamaño de la muestra suele ser relativamente pequeño en los estudios de RV en TEA. (Cheng y Ye, 2010; Didehbani et al, 2016; Lahiri et al, 2013; Bekele et al, 2013, Raj et al,2016)
- No se sabe si los efectos persisten a largo plazo. (Cheng y Ye, 2010)
- No está claro si el alto grado de realismo que ofrece la RV tiene un impacto sustancial en la generalización o si las habilidades se transfieren a situaciones de la vida real. (Cheng y Ye, 2010, Lahiri et al, 2013)
- Se necesitan estudios de diseño de sujeto único para comparar con precisión a cada niño a lo largo del tiempo con el objetivo de medir el cambio en la

comprensión y el uso de las habilidades sociales relacionadas en la interacción social en tiempo real. (Cheng y Ye, 2010)

- Comparar el sistema basado en RV para enseñar habilidades sociales en comparación con otra plataforma que no sea RV. Esto permitiría una comparación directa de los cambios sociales post tratamiento entre las dos plataformas. (Bekele et al, 2013; Lahiri et al, 2013)
- La RV suele carecer de: capacidad para mostrar las emociones faciales del avatar en tiempo real, interacciones sociales fluidas, significativas (Bekele et al, 2013; Raj et al, 2016; Didehbani et al, 2016; Lahiri et al, 2013; Bekele et al, 2013)

Estas limitaciones deben ser consideradas en estudios futuros para mejorar fundamentalmente el cómo las personas con TEA procesan la comunicación no verbal dentro y más allá de los entornos de realidad virtual. Se podría esperar que en un futuro un sistema basado en RV pueda ser una herramienta complementaria poderosa a fin de contribuir para mejorar la calidad de vida de las personas con TEA.

## References

- Bekele, E., Zheng, Z., Swanson, A., Crittendon, J., Warren, Z., & Sarkar, N. (2013, April). Understanding how adolescents with autism respond to facial expressions in virtual reality environments. *IEEE Trans Vis Comput Graph.*, *19*(4), 1-36.
- Bellani, M., Fornasari, L., Chittaro, L., & Brambilla, P. (2011, May). Virtual reality in autism: state of the art. *Epidemiology and Psychiatric Science*, *20*, 235-238.
- Cheng, Y., & Ye, J. (2010, May). Exploring the social competence of students with autism spectrum conditions in a collaborative virtual learning environment – the pilot study. *Computers & Education. Elsevier Ltd.*, *54*, 1068–1077.
- Cowan, R., & Allen, K. (2007). Using naturalistic procedures to enhance learning in individuals with autism: a focus on generalized teaching within the school setting. *Psychology in the Schools*, *44*(7), 701-715.
- Dawson, G., Meltzoff, A., Osterling, J., Rinaldi, J., & Brown, E. (1998, December). Children with autism fail to orient to naturally occurring social stimuli. *Journal of Autism and Developmental Disorders. Sringer.*, *28*, 479–485.
- Deruelle, C., Rondan, C., Gepner, B., & Tardif, C. (2004, April). Spatial frequency and face processing in children with autism and asperger syndrome. *Journal of Autism and Developmental Disorder*, *34*(2), 199-210.
- Didehbani, N., Allen, T., Kandalaft, M., Krawczyk, D., & Chapman, S. (2016, September). Virtual reality social cognition training for children with high functioning autism. *Computers in Human Behavior, Elsevier*, *62*, 703-711.
- DiGennaro, F., Hyman, S., & Hirst, J. (2011, January). Applications of technology to teach social skills to children with autism. *Research in Autism Spectrum Disorders, Elsevier*, *5*, 1003-1010.
- Halabi, O., Elseoud, S. A., Alja'am, J. M., Alpona, H., Al-Hemadi, M., & Al-Hassan, D. (2017). Immersive virtual reality in improving communication skills in children with autism. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (iJIM)*, *11*(2), 146-158.
- Iarocci, G., Burack, J., Shore, D., & Mottron, L. (2006, January). Global – local visual

- processing in high functioning children with autism: structural vs implicit task biases. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 36(1), 117-129.
- Joseph, R., & Tanaka, J. (2003, May). Holistic and part-based recognition in children with autism. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*., 43(8), 1-14.
- Josman, N., Ben-Chaim, H. M., Friedrich, S., & Weiss, P. L. (2008, January). Effectiveness of virtual reality for teaching street-crossing skills to children and adolescents with autism. *International Journal of Disability Development and Education*, 7(1), 49-56.
- Kliemann, D., Dziobek, I., Hatri, A., Steimke, R., & Heekeren, H. (2010, September). Atypical reflexive gaze patterns on emotional faces in autism spectrum disorders. *The Journal of Neuroscience*, 30(37), 12281–12287.
- Klin, A., Jones, W., Schultz, R., Volkmar, F., & Cohen, D. (2002, September). Visual fixation patterns during viewing of naturalistic social situations as predictors of social competence in individuals with autism. *Arch Gen Psychiatry*., 59, 809-816.
- Lahiri, U., Bekele, E., Dohrmann, E., Warren, Z., & Sarkar, N. (2013, January). Design of a virtual reality based adaptive response technology for children with autism. *IEEE Transactions on neural systems and rehabilitation engineering*, 21(1), 55-64.
- Lovaas, I. (2003). *Teaching individuals with developmental delays: basic intervention techniques*. New York, USA: Pro Ed.
- Magliaro, S., Lockee, B., & Burton, J. (2005). Direct instruction revisited: a key model for instructional technology. *Educ Technol Res Dev*, 53, 41-55.
- Parsons, S., & Mitchell, P. (2002, May). The potential of virtual reality in social skills training for people with autistic spectrum disorders. *Journal of Intellectual Disability Research*, 46(5), 430-443.
- Parsons, S., Mitchell, P., & Leonard, A. (2005, February). Do adolescents with autistic spectrum disorders adhere to social conventions in virtual environments? *Autism. SAGE Journals*, 9, 95-117.
- Patel, V., Preedy, V., & Martin, C. (2014). *Comprehensive guide to autism*. New York,

USA: Springer Reference.

- Raj, P., Oza, P., & Lahiri, U. (2016). Gaze-sensitive virtual reality based social communication platform for individuals with autism. *IEEE. Transactions on Affective Computing.*, 1-12.
- Ramachandiran, C., Jomhari, N., Thiyagaraja, S., & Maria, M. (2015). Virtual reality based behavioural learning for autistic children. *The Electronic Journal of e-Learning*, 13(5), 357-365.
- Riby, D., & Hancock, P. (2009). J autism dev disord. springer. *Do faces capture the attention of individuals with Williams syndrome or autism? Evidence from tracking eye movements.*, 39, 421-431.
- Rizzo, A., & Kim, G. (2005, April). A swot analysis of the field of virtual reality rehabilitation and therapy. *Presence, Massachusetts Institute of Technology*, 14(2), 119-146.
- Self, T., Scudder, R., Weheba, G., & Crumrine, D. (2007, August). A virtual reality approach to teaching safety skills to children with autism spectrum disorder. *Top Lang Disorders.*, 27(3), 242-253.
- Stern, D., Bruschiweiler-Stern, N., & Freeland, A. (1998). *The birth of a mother*. New York, USA: Basic Books.
- Trepagnier, C. (1996, August). A possible origin for the social and communicative deficits of autism. *Focus, Autism and Other Developmental Disabilities.*, 11, 170-182.
- Zahn-Waxler, C., & Radke-Yarrow, M. (1990, June). The origins of empathic concern. *Motivation and Emotion. Springer*, 14(2), 107-130.