



Universidad de Belgrano

Facultad de Humanidades

Licenciatura en Psicología

Tesina:

Neuronas espejo: una mirada del autismo infantil.

Desde una perspectiva neuropsicológica.

Mayo del 2023

Alumno: Luisa Fernanda Bonilla

Matrícula: 20819

ID: 000-12-7307

Nombre del tutor: Mag. Juan Pablo Mora Penagos

Agradecimientos

Quiero agradecer primero que todo a Dios por darme fortaleza para luchar por mi sueños. A mis padres y hermana que han sido la base más firme por donde transitar cuando creía que no era posible. A mi esposo y cómplice que nunca dejó de creer en mí, y que me motivó para llegar hasta aquí. A mis hijos que son la mayor motivación para lograr lo que me propongo. A todos mis amigos que me acompañaron en este trayecto ya que sin su apoyo y amor incondicional no hubiera sido posible. A mi tutor que estuvo acompañando este proceso y que siempre me motivó para terminarlo. Gracias infinitas gracias.

Índice

Resumen.....	1
Introducción.....	2
Presentación del tema.....	2
Problema de investigación.....	3
Preguntas de investigación.....	3
Relevancia de la temática.....	4
Objetivos generales.....	4
Objetivos específicos.....	4
Alcances y límites.....	4
Antecedentes.....	5
Estado del arte.....	7
Marco teórico.....	8
Desarrollo metodológico.....	10
Procedimiento.....	10
Índice comentado.....	11
1. Capítulo: Orígenes y funciones de las neuronas espejo.....	12
El SNE en monos.....	14
Funciones y neuronas espejo en monos.....	15
Circuito del sistema neuronas espejo	16
Neuronas espejo en humanos	16
Funciones de las neuronas espejo en humanos.....	17
Imitación.....	17
Lenguaje.....	19
Cognición social	20
Formas indirectas de medir el funcionamiento del SNE.....	21
Anatomía y principales áreas relacionadas.....	21
2. Capítulo: Relación del sistema de neuronas espejo y el autismo infantil	21
Trastorno del espectro autista	21
Definición del autismo	23
Principales áreas comprometidas en los niños con autismo	24

Etiología del autismo.....	25
Neuronas espejo y autismo infantil.....	26
Principales áreas afectadas en niños con autismo vinculadas con el SNE.....	29
3. Capítulo: Neuronas espejo: Aprendiendo a estimular y activar el SNE en niños con Autismo.....	30
¿Cómo estimular las neuronas espejo en niños con autismo?.....	32
Conclusiones.....	35
Referencias bibliográficas.....	38

Neuronas espejo: una mirada del autismo infantil.

Desde una perspectiva neuropsicológica.

Resumen

En la actualidad el trastorno del espectro autista (TEA), es un trastorno del neurodesarrollo con una alta prevalencia debido a que, las cifras han aumentado considerablemente con respecto a años anteriores. Por esta razón, el objetivo de esta investigación es identificar los aportes de la neuropsicología tomando como herramienta fundamental el sistema de neuronas espejo (SNE). Asimismo, se describen funciones que se relacionan con las dificultades presentadas en niños con autismo que hacen alusión a las áreas del aprendizaje por imitación, la cognición social y el lenguaje. A su vez, se explican las diferencias en el SNE, que se han contrastado empíricamente en niños con autismo en comparación a niños con un desarrollo neurotípico. Además se menciona de qué forma se podrían estimular o activar el SNE para contribuir en el aprendizaje de niños con autismo.

Palabras claves: sistema de neuronas espejo, trastorno del espectro autista, neuropsicología, estimulación.

Abstract

At present, autism spectrum disorder (ASD) is a neurodevelopmental disorder, with a high prevalence since the figures have increased considerably compared to previous years. For this reason, the objective of this research is to identify the contributions of neuropsychology, taking the mirror neuron system (SNE) as a fundamental tool. Likewise, functions are described that are related to the difficulties presented in children with autism that allude to the areas of empathy, learning by imitation, social cognition and language, including communication. In turn, the differences in the ENS are explained, which have been empirically contrasted in children with autism compared to children with neurotypical development in terms of the connection in itself and with other areas of the brain. Therefore, it is mentioned how the SNE could be stimulated or activated, to contribute to the learning of children with autism through the insertion of the psychologist in the field of applied neuropsychology.

Keywords: mirror neuron system, autism spectrum disorder, neuropsychology, stimulation.

Introducción

Presentación del tema

Durante el transcurso de las dos últimas décadas, los avances en las neurociencias y especialmente en la neuropsicología han sido espectaculares. “Las investigaciones acerca del cerebro- mente, comportamiento, procesos mentales y los conocimientos acerca de la organización funcional del cerebro, están revolucionando claramente la concepción que tenemos de sí mismos y de los demás” (García, 2008, pág.1).

En este sentido, se dio lugar a un descubrimiento y avance de gran magnitud efectuado por un grupo de investigadores liderado por el neurobiólogo Giacomo Rizzolatti en 1995, que hace alusión a un conjunto de células neuronales, las cuales representan un tipo particular de neuronas visomotoras que se estimulan, ante la acción de un individuo, pero que también se activan ante la observación de una persona cuando ejecuta una acción (Rizzolatti, Fadiga , Gallese, y Fogassi, 1996).

Es así, como por primera vez se empieza a hablar de un sistema de redes neuronales llamadas sistema neuronas espejo (SNE), que posibilitan la acción, emoción, intención y la ejecución de una acción (García García, 2008). Ramachandran neurólogo, citado por Garcia Garcia (2008), ha llegado a profetizar que, este descubrimiento en psicología llegaría a desempeñar un lugar semejante al que había tenido en biología la decodificación del ADN, ya que, se ha encontrado una estrecha relación entre la percepción y la acción.

A su vez, numerosas investigaciones muestran evidencia de que, él SNE, también, se ha relacionado con procesos cerebrales de orden superior, tales como el aprendizaje por imitación, lenguaje, la cognición social, incluyendo la empatía y la percepción de intenciones ajenas(Palau Baduell, Valls Santasusana, y Salvado Salvado, 2011).

De esta forma, a finales de los noventa se empieza a concebir la idea de que, las neuronas espejo se podrían relacionar con algunos de los síntomas suscitados en el trastorno del espectro autista TEA, ya que, las personas con este tipo de patología presentan déficits conductuales en la interacción social y la comunicación, funciones que se relacionan con las áreas en las que participa el SNE (Palau Baduell et al., 2011, pág. 142).

También algunos neurocientíficos, incluyendo Marco Iacoboni, de la universidad de California en los Ángeles (UCLA), han llegado a proponer que, en estas neuronas se encuentra una explicación neurobiológica a lo que en las ciencias cognitivas se reconoce como “la teoría

de la mente”, es decir, la forma en que se logra atribuir intenciones a otro sujeto y al mismo tiempo, se puede reconocer que posee una propia mente, y una capacidad de representar la realidad muy similar a la propia (Fernandez, 2011).

Marco Iacoboni “plantea la hipótesis de las neuronas espejo y el autismo; donde dice que este trastorno puede llegar a producirse por una disfunción del sistema de neuronas especulares. De esta forma, por medio de investigaciones y estudios realizados, se ha llegado a elaborar esta hipótesis, donde existiría un desarrollo temprano insuficiente del sistema de las neuronas espejo que generaría una cascada de disfunciones a nivel del desarrollo” (Figueroa Cuadrado, 2013, pág. 5).

En este sentido, el autismo es una enfermedad compleja en la que aparecen variados trastornos de índole neurológicos y psíquicos; relacionados con problemas en el neurodesarrollo, dando como resultado una alteración a nivel comportamental. Entre las características más representativas de esta alteración se encuentra: el déficit para la interacción social, dificultades presentes en la comunicación y el lenguaje, problemas de reconocimiento de las emociones propias y hacia los otros; así como, intereses de carácter limitado y la realización de conductas estereotipadas (García González, 2019).

Problema de investigación

Si bien, las investigaciones con respecto al sistema de neuronas espejo ha avanzado considerablemente en el ámbito científico en lo que tiene que ver con sus funciones y la relación que existe entre la etiopatogenia y síntomas descritos en el trastorno del espectro autista, el cual presenta dificultades a nivel social, aprendizaje por imitación, cognición social (empatía y teoría de la mente), lenguaje y la comunicación. Sin embargo, en lo que se refiere a la forma de vincular o estimular el sistema de neuronas especulares en niños con autismo, para contribuir a la tarea de su aprendizaje no se ha dicho mucho, y esto se considera importante partiendo de que el sistema de neuronas espejo en niños con autismo puede mostrar ciertos déficits asociados a la conectividad entre esta red neuronal y distintas áreas cerebrales.

Preguntas de investigación

¿Cuáles son los aportes de la neuropsicología, tomando como herramienta el descubrimiento de las neuronas espejo, en relación a las dificultades que presentan los niños con Autismo?

¿Cómo inciden las neuronas espejo en los niños con Autismo en etapa infantil?

¿De qué manera se podría estimular o activar el sistema de neuronas espejo en niños con Autismo?

Relevancia de la temática

El trastorno del espectro autista (TEA), es un trastorno del neurodesarrollo, con una alta prevalencia. Los datos encontrados demuestran un incremento del autismo a nivel mundial los mismos, apuntan a que, 1 de cada 168 niños son identificados con TEA. Estas cifras de prevalencia disponibles, tienen implicaciones directas para las necesidades actuales y futuras de servicios y programas de intervención temprana, y el aumento de investigaciones de las posibles causas de esta patología.

Por esta razón, resulta de suma importancia tener presente la práctica del psicólogo en el campo de la neuropsicología aplicada, haciendo uso de este descubrimiento de las neuronas espejo que evidencian tener implicancia en la etiología del autismo, y poder enfocar de forma activa a la tarea del aprendizaje en niños con autismo. También se considera relevante la intervención temprana en relación al aprendizaje de niños con TEA, a través de la estimulación del SNE, por parte de los centros de salud, instituciones educativas y las familias.

Objetivos generales

Identificar los aportes del sistema de neuronas espejo en relación a las dificultades presentadas en niños con autismo.

Objetivos específicos

- Describir los aportes que ha realizado la neuropsicología a través del sistema de neuronas espejo, en relación a las dificultades que presentan los niños con TEA en el aprendizaje por imitación, cognición social, el lenguaje y la comunicación.
- Mencionar si existe alguna forma de estimular o activar el sistema de neuronas espejo en niños con autismo.
- Explicar de qué forma pueden contribuir las neuronas espejo en el aprendizaje de niños con Autismo.

Alcances y límites

El siguiente trabajo abordará los aportes del sistema de neuronas espejo con relación a la sintomatología descrita por el trastorno del espectro autista de niños en etapa infantil. A partir de la práctica del psicólogo en el campo de la neuropsicología. Asimismo, sólo se tendrán en cuenta las funciones de las neuronas espejo que se asocian a las diversas áreas que están

afectadas en los niños con autismo, en este caso, el aprendizaje por imitación, la cognición social y el lenguaje incluyendo la comunicación.

A su vez, se pretende mencionar si se ha encontrado alguna manera de estimular o activar esta red de neuronas especulares, para contribuir en el aprendizaje de niños con autismo. No será posible generalizar lo desarrollado en la población de adolescentes, adultos y adultos mayores, así sean diagnosticados con el mismo trastorno, tampoco se tomarán aportes de otros marcos teóricos ya que, exceden los objetivos de esta investigación.

Antecedentes

(Marco Iacoboni, 2009) menciona que los seres humanos buscamos leer e interpretar el mundo, principalmente las personas con las que interactuamos. Desde este lugar podríamos pensar que quizá nuestro rostro no luce muy bien en la mañana al mirarnos en el espejo pero a su vez, podemos contemplar que el rostro de otra persona que vemos en un primer momento puede tener o no un buen comienzo. De esta forma, logramos anticipar la reacción de un otro por medio de diferencias mínimas en la forma en que utilizamos los músculos faciales, todos los días nos fijamos en docenas de estas distinciones. A su vez, tampoco reflexionamos sobre ello, lo terminamos naturalizando y es precisamente esto lo que lo hace extraordinario.

Durante siglos, muchos de los filósofos quedaron fascinados ante la habilidad que tienen los seres humanos para comprenderse y este asombro era entendible porque no contaban con casi ningún elemento en el cual apoyarse. Sin embargo, en las últimas décadas los psicólogos, los científicos cognitivos y los neurocientíficos han podido tomar los aportes de la ciencia siendo así, que en los últimos cincuenta años han aumentado notoriamente las investigaciones (Iacoboni, 2009).

(Emilio Garcia Garcia, 2018) señala que a inicios de los 90s, un equipo de neurobiólogos italianos liderado por Giacomo Rizzolatti neurocientífico, se encontró con unos datos inesperados durante el desarrollo de una investigación con monos macacos debido a que, empezaron a mostrar actividad eléctrica cerebral en el córtex premotor (es conocido por ser el área donde se planean los movimientos) mientras tenían implantados microelectrodos en la corteza premotora del cerebro. Esto sucedió en el momento en que los monos efectuaban ciertos comportamientos como tomar un palo, o comer una fruta.

En determinadas ocasiones se observaron que sucedía algo desconcertante, ya que se activaba el aparato de registro sin que el mono realizara alguna actividad, este conjunto de neuronas daba una respuesta solo con el hecho de que el mono observara la acción realizada por otro. Los científicos italianos habían identificado un conjunto de neuronas que hasta el

momento eran desconocidas, denominadas neuronas espejo. El artículo fue publicado en 1992, esta primera publicación inició un camino de diversos espectadores hasta la actualidad (García García, 2018). Teniendo un lugar principal en las investigaciones de neurociencia.

Luego del descubrimiento del sistema de neuronas espejo en 1992, por Giacomo Rizzolatti, Raúl Espert, y Jose Francisco Navarro (1998) presentan numerosos estudios neuropatológicos "postmortem", así como estudios neuroanatómicos a través de técnicas de neuroimagen que han dado evidencia de una amplia multiplicidad de alteraciones en el orden de lo estructural y funcional en personas con autismo, sin embargo, estos estudios no han sido determinantes. Las principales anomalías se han ubicado en el sistema límbico, más precisamente en el lóbulo temporal medial, el cerebelo y la corteza cerebral. También se ha planteado que algunos casos de autismo están relacionados con el cierre del tubo neural. A su vez, se detallan los principales estudios neurofisiológicos de niños con autismo. Asimismo, esta investigación se centra en los estudios de neuropsicología efectuados en pacientes con autismo que presentan alteraciones neuropsicológicas en varios dominios.

Podríamos pensar que esta patología implicaría una disfunción que afectaría a varias áreas del cerebro, más que a una sola región. También, las investigaciones evidencian diferencias individuales, teniendo en cuenta que, así como, la mayoría de las personas con autismo presentan dificultades en el lóbulo frontal también, existe una variabilidad en lo que refiere, al lenguaje y a la memoria, tal como se cita en (Espert y Navarro, 1998). En este sentido, los estudios en décadas anteriores ya daban una pauta de las dificultades en determinadas redes cerebrales, incluyendo el sistema límbico, de las personas con espectro autista.

Ramachandran y Lindsay, (2006) plantean una teoría sobre el autismo en la que se encuentran diversos estudios sobre las neuronas espejo y se menciona como este sistema de neuronas podría ser clave para una comprensión más explicativa de las causas del autismo. Los autores consideran que se podría contribuir con los investigadores en desarrollar nuevas formas de diagnóstico y tratamiento relacionadas con este trastorno. También han descrito que se han logrado identificar los mecanismos cerebrales que coinciden con ciertas funciones alteradas en el autismo. De esta manera, esta investigación sugiere una posible terapia sintomática para el autismo, junto al diseño de dos dispositivos.

Además se desarrollaron dos posibles teorías para definir la sintomatología presente en el autismo, la primera es una posible disfunción de las neuronas espejo que podría ser la causa de conexiones límbicas alteradas que den lugar a un efecto adyacente en los genes que, ocasionarían repercusiones negativas en el sistema de neuronas espejo. La segunda se refiere a un pasaje distorsionado, que, no necesariamente hace referencia a posiciones contradictorias,

sino que, se puede dar por que las conexiones en el sistema límbico se encuentran mezcladas, en relación a otras áreas del cerebro, que también, podrían dañar las redes del sistema de neuronas espejo (Ramachandran y Lindsay, 2006).

Estado del arte

En investigaciones más recientes se puede divisar, como se empiezan a articular varias investigaciones, reflexiones y citas propias del campo de las Neurociencias, la educación y la psicología. Estas áreas especializadas en cada ámbito en algún momento se encuentran y comparten cierto terreno, las mismas se nutren entre ellas y nos permiten comprender y acceder al campo complejo del aprendizaje, el cerebro y el comportamiento humano (Arboccó de los Heros, 2015).

Las personas con el trastorno del espectro autista desde una edad temprana presentan diversas características que hacen referencia a la comunicación y a la interacción social en las que se manifiestan patrones restringidos y estereotipados en el comportamiento, como intereses y actividades que los limitan en diferentes áreas. Desde esta óptica, las investigaciones en el campo de la neuropsicología han permitido una mirada enriquecedora sobre el desarrollo infantil y la disfunción cerebral, permitiendo que se pudiera entender y evaluar desde una metodología más ajustada, y consciente de la necesidad que subyace en este tipo de patología, teniendo en cuenta, una perspectiva neuropsicológica de evaluación y rehabilitación (Almeida y Cinta Aguaded, 2016).

Esta evaluación ha permitido trazar nuevos caminos para comprender de una forma más acertada como se manejan las funciones ejecutivas y su respectivo abordaje, la evaluación y rehabilitación neuropsicológica en pacientes con el trastorno del espectro autista, dando lugar a la reflexión sobre las distintas técnicas y métodos, de intervención y tratamiento, para ello eso considera necesario tener presente las capacidades cognitivas, la capacidad de ejecución, las funcionalidades en las personas, así como las limitaciones y facilitadores que se deben tener en cuenta, cuando se utilizan estas mismas técnicas (Almeida y Cinta Aguaded, 2016).

Almeida y Cinta Aguaded (2016, p.38) señalan:

La neuropsicología ha posibilitado aprendizajes para el desarrollo de la autonomía y algunas estrategias compensatorias que pueden contribuir a la adquisición y desarrollo de habilidades sociales, emocionales, conductuales y de comunicación que, en mucho, pueden ayudar a promover un desarrollo armonioso y más equilibrado de estos sujetos. Junto a la neuropsicología y con la aplicación de metodologías de evaluación rigurosa, tanto cuantitativas como cualitativas, la rehabilitación neuropsicológica surge como un tratamiento esencial muy importante para la activación psicológica de los autistas que, junto a la

evaluación neuropsicológica, incidente en la expresión conductual de las disfunciones cerebrales.

Por esta razón, se considera necesario determinar en qué grado de estimulación se encuentra la persona y también si la familia está implicada ya que, los mismos son fundamentales en el proceso de rehabilitación, construcción y reconstrucción del sujeto. Reflexionar sobre el autismo implica hacer uso de las herramientas actuales que la ciencia y el conocimiento ofrecen a través de una práctica clínica consciente de que el paciente con autismo puede evolucionar y desarrollarse dentro de sus tiempos y capacidades con menos limitaciones (Almeida y Cinta Aguaded, 2016).

Morales Garcia, Fernadéz Mora, Córdoba Roldan y García De Vinuesa,(2018) Señalan que, en la actualidad al tener un conocimiento sólido de lo que son las neuronas espejo en relación con el autismo se han generado métodos que permiten elaborar una propuesta de abordaje metodológico basado en técnicas de neuro diseño, para la confección y desarrollo de productos enfocados en niños con autismo. Entendiendo que los mismos poseen una etiología que no está determinada unívocamente, en la que se encuentran afectadas ciertas zonas del cerebro y que coincide con el sistema de neuronas especulares.

De esta forma los autores intentan desarrollar una propuesta para niños con autismo, reconociendo así, parámetros de uso e interacción con ciertos instrumentos que pueden estimular la actividad empática que sobrelleva las neuronas espejo como, la imitación, repetición de tareas, y la manipulación de objetos debido a que aumenta la coordinación ojo-mano suponiendo una carga cognitiva baja como una fácil explicación de su uso. También se busca confeccionar un juguete que, una vez ajustado, sea una pelota que estimule tanto tareas dinámicas como una actividad neuronal diferente. Se han demostrado evidencias significativas derivadas de todas las condiciones de que, el producto estimulará de forma positiva el sistema de neuronas espejo en los niños (Morales Garcia, et al., 2018).

Marco Teórico

En el presente trabajo se intenta realizar una revisión bibliográfica sobre los aportes de las neuronas espejo en relación al autismo. A su vez, se pretende dar a conocer de qué manera se pueden estimular este conjunto de redes neuronales, en el proceso de aprendizaje de niños con autismo. De esta forma se empezará por definir las neuronas espejo, las cuales son un tipo particular de neuronas visomotoras, que originalmente fueron descubiertas en el área F5 de la corteza premotora de los monos. Esta red neuronal se activa cuando la persona realiza una acción, pero también se activa en el cerebro cuando el sujeto observa a otro, realizando tal acción (Rizzolatti y Craiguero, 2004).

Las neuronas espejo, permiten sentir y comprender a los demás como si las acciones fueran propias, lo cual resulta importante en la cognición social (empatía) y la vinculación entre los individuos. Así mismo, esta red neuronal desempeña un papel importante en el aprendizaje por imitación y posibilita el lenguaje verbal (Giraldo Torres, Restrepo De Mejia, y Arboleda Sánchez, 2018).

“En humanos, estas neuronas cerebrales pueden ser investigadas por medio de electroencefalografía (EEG). Estos estudios se realizan a partir de distintas técnicas, como el magneto encefalografía (MEG) y estimulación magnética transcraneal (EMT)” (Giraldo Torres, et al.,2018, pág.217).

En este sentido, en individuos con un desarrollo neurotípico, se han podido constatar cambios en la actividad del sistema motor, cuando el mismo, observa la acción de otro, lo cual puede demostrar un lugar importante en el entendimiento y la imitación de acciones motoras. Así mismo, al estudiar por medio de EEG, a las personas con trastorno del espectro autista se puede observar cambios respecto a la desincronización de uno de los ritmos de la señal ubicada entre 8 y 13 Hz, denominado ritmo mu que se ubica, en la corteza sensoriomotora primaria y que hace referencia a la expresión de la actividad eléctrica fluctuante tal como se cita en (Giraldo Torres, et al.,2018).

De esta manera las investigaciones realizadas proponen que existe una disfunción en el sistema de neuronas espejo en los sujetos con autismo, estas funciones se han relacionado a ese tipo especial de células, que incluyen el lenguaje, empatía, imitación, la capacidad por reconocer la intención en otro y los juegos de ficción que, son las mismas funciones que están afectadas en el autismo, tal como se expresa en (Giraldo Torres, et al.,2018).

El espectro autista es un trastorno del neurodesarrollo que se caracteriza por dificultades en la comunicación, en la interacción social, la flexibilidad cognitiva y el pensamiento que se ve manifestado en la conducta de quien lo presenta. Si bien, no hay causa que englobe todos los signos, lo que sí es claro, es que, hay una estrecha relación entre los síntomas suscitados por las funciones del SNE, y el autismo (Andre, Valdez Montero, Ortiz Félix, 2020).

Por esta razón es que la existencia de las neuronas espejo fue sugerida con facilidad en el sentido de que, en condiciones normales las mismas, permiten entender las acciones de los otros, y vincularlas con las de los demás, de esta manera es que, las personas pueden predecir el ambiente en el que se encuentran y tener una representación mental de la acción

que ya, se ha realizado en otras ocasiones, por lo tanto el sistema de neuronas espejo se considera el encargado del aprendizaje por imitación (García y González, 2019).

En la actualidad las teorías neuropsicológicas nos explican las habilidades del sujeto autista para lograr que el mismo pueda dar significado a lo que percibe, pueda enfocar y dividir la atención por los distintos estímulos, y que, de esta manera logre auto-organizarse, demostrar flexibilidad cognitiva e incorporar la capacidad de gestionar su día a día, por esta razón se evidencia algunos déficits a nivel ejecutivo y en la funcionalidad de lóbulos frontales. La neuropsicología surge como una ciencia que se ocupa de los trastornos de las personas típicas o atípicas como es el caso de trastornos de la conducta y el comportamiento (Almeida y Cinta Aguaded, 2016).

La neuropsicología diversa y adecuada permite una intervención apropiada en lo que refiere a la rehabilitación de personas con autismo con el fin de mejorar su funcionalidad, repercutiendo de manera positiva en la calidad de vida de los mismos. A su vez, las diferentes teorías sobre el autismo y las distintas ciencias que están a nuestro alcance nos permiten una mayor comprensión del funcionamiento neuropsicológico del niño autista (Almeida y Cinta Aguaded, 2016).

Desarrollo metodológico

La siguiente tesina es una revisión bibliográfica descriptiva, esta información se localizó por medio de diferentes fuentes en la Web. Dentro de los buscadores elegidos se encuentran, Google Scholar y Pubmed teniendo en cuenta, los conceptos de "Autismo" "Espectro autista" en relación con los términos "sistema de neuronas espejo" "sistema espejo", en artículos científicos que fueron publicados desde el año 2012. De esta manera, los datos adicionales fueron localizados en revisiones bibliográficas que han citado algunos de los artículos más relevantes desde el descubrimiento de las neuronas espejo hasta la actualidad.

Procedimiento

Se tomaron distintos campos de conocimiento articulados con la temática elegida, como es el caso de "ciencias de la educación y neuronas espejo", "Neurociencias y neuronas espejo" y "neuropsicología y neuronas espejo". Otro de los criterios de selección, fue el tiempo en que se realizaron las investigaciones que no pasaron más de diez años. A su vez, se tomaron en consideración otras disciplinas como Psicología, Salud, Ciencias de la Educación, Medicina entre otras. La etapa evolutiva que se eligió, fue infancia y adultos. El campo de la psicología privilegiado en este caso fue neuropsicología.

Entre los tipos de documentos que se eligieron para delimitar la búsqueda, se optó por un libro original de Marco Iacoboni en formato digital. También se tomaron monografías, tesis, artículos de revistas científicas internacionales, nacionales, ponencias de congresos entre otras. Las búsquedas se basaron en los desarrollos más novedosos con respecto a las “neuronas espejo y como estimularlas”, en relación al “autismo en etapa infantil” y que “modificaciones habían surgido desde el descubrimiento del sistema de neuronas espejo hasta la actualidad”

Índice comentado

El primer capítulo se va a titular “**ORÍGENES Y FUNCIONES DE LAS NEURONAS ESPEJO**” (SNE), en donde se abordará el descubrimiento de las mismas, centrándonos en las neuronas espejo en monos, sus funciones básicas en el área F5, el circuito de las neuronas espejo. El SNE en seres humanos, sus funciones y las formas indirectas que existen para medir su funcionamiento, anatomía y sus principales áreas relacionadas.

El segundo apartado se va a llamar “**RELACIÓN DEL SISTEMA DE NEURONAS ESPEJO Y EL AUTISMO INFANTIL**”. En este segundo capítulo vinculamos el sistema de neuronas especulares y el autismo infantil. Indagaremos en la definición del trastorno del espectro autista, sintomatología y principales áreas comprometidas. Explicaremos cuáles han sido los aportes de las neuronas espejo en relación a los déficits presentados en el autismo, y qué áreas del SNE se encuentran involucradas.

También abordaremos cada una de las áreas como lo son: la cognición social, aprendizaje por imitación y el lenguaje incluyendo la comunicación. El tercer capítulo se titulará, “**NEURONAS ESPEJO: APRENDIENDO A ESTIMULAR Y ACTIVAR EL SNE EN NIÑOS CON AUTISMO**” De esta forma se pretende describir y explicar de qué manera se podrían estimular las neuronas espejo en niños con autismo. Iniciaremos haciendo una breve introducción sobre la forma de estimular el SNE desde el enfoque de la neuropsicología. A continuación relataremos algunas técnicas e intervenciones y por último mostraremos diversas herramientas como los productos didácticos que pueden acompañar nuestra práctica como psicólogos para estimular las neuronas espejo.

1. Capítulo:

Orígenes y funciones de las neuronas espejo

En el año 1995 un equipo de neurobiólogos italianos dirigidos por Giacomo Rizzolatti de la Universidad de Parma, se encontraron con unos datos inesperados en una de sus investigaciones debido a que al implantar microelectrodos en el cerebro de unos monos en el área F5. Donde se encuentra ubicada la corteza premotora, en la que se planifican, seleccionan y ejecutan los movimientos. Empezaron a registrar la actividad eléctrica de ciertas neuronas que hasta el momento no eran conocidas (García García, 2008).

El área F5 se caracteriza por alojar millones de neuronas que se especializan en “codificar” un comportamiento motor específico en los movimientos relacionados a la mano. Para los primates macacos estos movimientos son esenciales, de hecho los seres humanos realizamos miles de actos prensiles diariamente. Por esa razón, el grupo de investigadores eligió el área F5 para realizar el experimento de la manera más rigurosa posible. Observaron que existe correspondencia entre la neocorteza de los monos macaco y el hombre a pesar de sus diferencias. De esta forma el equipo de investigadores logró adquirir un conocimiento asombroso del proceso que realizan las neuronas motoras durante distintos ejercicios de “agarre”(Figueroa Cuadrado, 2013).

El neurocientífico Vittorio Gallese, durante el transcurso de este experimento decidió tomarse una pausa agarrando un objeto con la mano, y escuchó una descarga de actividad en su computadora la cual estaba conectada a unos electrodos que se encontraban implantados en un mono, esto fue demasiado insólito para Gallese, debido a que el primate estaba en el mismo lugar sin presentar ningún movimiento. Sin embargo, estas neuronas vinculadas al acto prensil se habían activado (Iacoboni, 2009). Así se cuentan algunas de las anécdotas en las primeras observaciones del sistema de neuronas espejo. Es interesante, porque ningún neurocientífico hasta el momento se habría podido imaginar que una neurona motora se pudiera activar ante la percepción de las acciones que realiza otra persona sin que ésta efectuara algún movimiento.

A partir de este momento se empezó a hablar de un SNE que se activa cuando un individuo genera una acción en particular, pero también cuando la acción es observada en otro sujeto. Las neuronas especulares actúan como un sistema de redes neuronales que participan en conjunto con diversas áreas cerebrales, cumpliendo un papel fundamental para los primates, especialmente para los humanos en relación a las acciones realizadas por los demás. Porque si queremos sobrevivir como especie, es necesario comprender las intenciones

de los otros. Además que sin un entendimiento de los mismos se dificultaría la organización social (Rizzolatti y Craighero,2004).

Después de su descubrimiento estas neuronas, habían atraído un vivo interés en la comunidad científica. Algunos investigadores sostuvieron que el SNE haría por la psicología lo que el ADN hizo por la biología, mientras que otros lo distinguieron como el concepto más publicado en neurociencias, en lo que se abarcan temas como: la cognición, el lenguaje, la percepción, la acción motora y la emoción. Solo una pequeña parte de la investigación derivada del descubrimiento de SNE de monos involucró animales no humanos (8%); impulsó en gran medida la investigación basada en humanos (60 %) en sujetos sanos o clínicos y estudios teóricos (32 %). Los estudios en humanos aprovecharon principalmente técnicas indirectas y no invasivas para validar las predicciones derivadas de experimentos con animales o para explorar dominios exclusivamente humanos, como la imitación, el habla, el deporte y la estética. Además, los estudios en humanos exploraron la relevancia traslacional del descubrimiento del SNE en una variedad de condiciones clínicas (Bonini,Rotunno, Arcuri y Gallese, 2022).

Según lo mencionado anteriormente este conjunto de neuronas se reconocieron por primera vez en los monos como una clase de células premotoras que posibilitan la acción y la observación. A pesar de su origen y función debatidos, estudios más recientes en varias especies, desde aves hasta humanos, revelaron una variedad de distintos tipos de células neuronales distribuidas en diferentes áreas cerebrales motoras, sensoriales y emocionales que conforman el “mecanismo espejo” más complejo, pero flexible. Esto es distinto a lo que se pensaba en un primer momento ya que se creía que estas células neuronales actuaban de manera autónoma. Actualmente se considera su relevancia a nivel evolutivo en la interacción social (Bonini,et al., 2022).

Las neuronas espejo halladas en estas especies animales han conseguido a su vez, mostrar información multimodal sobre las acciones, emociones, sensaciones y mensajes comunicativos a los demás, que son mapeadas por una red de neuronas en el espectador dedicado a esos procesos en primera persona. De esta manera se observa que el mecanismo espejo permite una amplia base de información básica y evolutiva relacionada con otras estructuras cerebrales que se asemejan a sí mismo, en una gran cantidad de aspectos dentro los que se sitúa la cognición social y la orientación de las interacciones sociales (Bonini,et al., 2022).

Por esta razón, este fenómeno ha sido revolucionario debido a que el hecho de que un sistema de neuronas se active cuando una persona toca una pelota, observa que otra persona lo hace o simplemente escucha que otro realiza la acción permite que exista una comprensión distinta a la que se tenía clásicamente del cerebro (Iacoboni, 2009).

El SNE en monos

Se ha podido corroborar la relevancia que han tenido los distintos experimentos realizados con monos debido a que han servido de apoyo para los neurocientíficos en la comprensión del cerebro humano. Dentro de los primeros aspectos relevantes se encuentra el descubrimiento de dos tipos de neuronas visomotoras que se encuentran ubicadas en el área F5 del mono. Por una parte, tenemos las neuronas canónicas que se activan ante la presentación de un estímulo, y las neuronas espejo que responden cuando el mono observa una acción dirigida a un objeto. Estas neuronas se diferencian, en que las neuronas espejo necesitan de un determinado estímulo visual seguido, de una interacción entre la mano o la boca y un objeto. No obstante, la simple vista de un estímulo independiente o de un individuo que no se dirige a un objeto es ineficaz para su activación. Este no es el caso de las neuronas canónicas que se activan solo ante la presentación de un objeto (Rizzolatti y Craighero, 2004).

Se señala que el sistema de neuronas espejo muestra un alto grado de generalización, es decir, que al presentarle a un primate distintos estímulos visuales que representan una misma acción se va a producir una respuesta efectiva. Debido a que la misma neurona espejo que responde a una mano humana que agarra un objeto, se activa cuando la mano que toma el objeto es la de un mono. Otro aspecto fundamental de las neuronas espejo se encuentra vinculado a sus propiedades visuales y motoras dado que, todas las neuronas espejo muestran congruencia entre las acciones visuales y las respuestas motoras codificadas (Rizzolatti y Craighero, 2004).

Según el tipo de congruencia estimado las neuronas espejo se subdividen en neuronas “estrictamente congruentes” y “ampliamente congruentes”. Las neuronas estrictamente congruentes, son las neuronas espejo en las que, las acciones efectivas observadas y efectivas ejecutadas se corresponden en términos de objetivo (tomar una banana) y los medios para alcanzar el objetivo (precisión con la que se toma la fruta). Mientras que las ampliamente congruentes son las neuronas en las que se visualiza una relación menos estricta con la acción observada o realizada, es decir que, estas neuronas no requieren de la observación exacta de la misma acción para su codificación motora (Rizzolatti y Craighero, 2004).

A inicios del siglo XX las propiedades de las neuronas espejo fueron ubicadas en la parte lateral del área F5. Donde se pudo contrastar que la mayoría de estas neuronas están relacionadas con las acciones de la boca y que frente a estímulos visuales que resultan efectivos se activan. Se reconocen dos clases de neuronas espejo de la boca: espejo ingestivo y comunicativo. Las neuronas espejo ingestivas ocupan el 80% de la cantidad total de neuronas espejo de la boca, las cuales son activadas ante la observación de acciones vinculadas con funciones digestivas como tomar la comida con la boca, morder o chupar (Rizzolatti y Craiguero, 2004).

Cabe destacar, que casi todas las neuronas espejo ingestivas muestran una buena respuesta ante la acción efectiva observada y la ejecutada. Las propiedades del sistema de neuronas espejo comunicativas se desencadenan ante la acción observada que resulta más efectiva, como un gesto comunicativo o relamerse los labios. Sin embargo, estas neuronas continúan comportándose como las neuronas ingestivas desde un punto de vista motor debido a que se descargan con agudeza cuando el mono realiza una acción digestiva (Rizzolatti y Craiguero, 2004).

Funciones de las neuronas espejo en monos

Entre las funciones del sistema de neuronas espejo en monos se destacan dos hipótesis. La primera que hace referencia al desempeño de las mismas, en relación a la imitación y la segunda a que este sistema está encargado en la comprensión de la acción. En este sentido, varios autores han afirmado que estas teorías son probablemente correctas. Sin embargo, consideran de gran importancia dos puntos: en primer lugar que el mecanismo de las neuronas especulares es de gran trascendencia evolutiva debido a que permite que los primates comprendan las acciones realizadas por sus pares. No obstante, se considera que no es el único mecanismo por el cual se da un entendimiento o comprensión de las acciones entre pares (Rizzolatti y Craiguero, 2004). Entre las funciones de las neuronas espejo se encuentra la imitación de la acción, pero no solamente en el sentido más estricto sino la imitación como un proceso más complejo por el cual se aprende y se pueden mediar las acciones de los demás.

Se ha evidenciado en monos, que las neuronas espejo cumplen un papel muy importante en la comprensión de la acción. Esto se puso a prueba a través de dos experimentos. El primero quiso demostrar, si las neuronas espejo del área F5 pueden reconocer alguna actividad en otro individuo a partir de un sonido. El segundo experimento consistió en observar si el mono puede generar alguna representación mental del objeto y que de esa manera pudiera desencadenar una respuesta. Lo que se concluyó en los dos

experimentos es que la respuesta de las neuronas espejo se correlaciona con la comprensión de la acción. Cabe destacar, que las acciones observadas son imprescindibles para la activación de las mismas y que la comprensión de la acción es posible sobre otro estímulo además del visual (Rizzolatti y Craiguero, 2004).

Circuito del sistema de neuronas espejo

Este mecanismo funciona de manera relativamente sencilla, puesto que cada vez que una persona observa una acción realizada por otro, las neuronas que inciden en ese movimiento, se activan en la corteza premotora del observador. Esta representación motora de la actividad observada que es inducida automáticamente y corresponde a la que se genera espontáneamente durante una acción, y cuyo resultado es conocido por el individuo que efectúa un movimiento. Así es que las neuronas espejo transforman la información visual en conocimiento (Rizzolatti y Craiguero, 2004).

Neuronas espejo en humanos

Las neuronas espejo son conocidas como un subconjunto de neuronas que forman parte de un sistema de redes neuronales que posibilita la percepción-ejecución-intención e integra en sus circuitos neuronales la atribución/percepción de las intenciones de los otros, lo que daría lugar a la teoría de la mente (Ferrari y Rizzolatti, 2014).

Dentro de las primeras evidencias sobre el SNE en humanos se encuentran los experimentos neurofisiológicos, en los que se ha logrado contrastar que cuando los individuos observan una acción realizada por otro su corteza motora se activa en ausencia de cualquier actividad motora manifiesta. Una de las evidencias fueron proporcionadas por Gastaut y colaboradores, (citados en Rizzolatti y Craiguero, 2004). En la década de 1950, los cuales observaron la desincronización de un ritmo conocido en la actualidad como ritmo mu o alfa procentral que consiste en una actividad eléctrica espontánea en curso, generada en las cortezas sensoriomotoras primarias (Rizzolatti y Craiguero, 2004). “Consta de frecuencias prominentes entre 10 y 20 Hz” (Iacoboni y Dapretto, 2007, pág. 948).

En la actualidad, las fuentes del ritmo mu se han encontrado en áreas corticales sensitivomotoras en las que se han reconocido varias interconexiones como: las áreas premotoras ventrales, donde se localizan las neuronas espejo (las cuales parecen modular el ritmo mu) cuando las personas realizan y observan una acción. Las neuronas de la corteza sensitivomotora que se desincronizan es decir, que actúan como una red neuronal que es excitada, o áreas corticales que quedan activas. Esto es importante ya que el ritmo mu se ha considerado el reflejo de la actividad de las neuronas espejo. Dentro de los estudios

mencionados se ha observado que de manera similar las neuronas espejo y el ritmo mu responden específicamente a acciones realizadas por el propio sujeto, ya sean observadas o imaginadas (Palau Baduell et al., 2011).

También se conoce que por razones éticas, en humanos no es posible registrar la actividad de neuronas individuales de manera directa, excepto en aquellos pacientes sometidos a cirugía para el tratamiento de la epilepsia. En estos casos, por lo general los registros se realizan en la parte mesial de ambos hemisferios, por lo que es difícil obtener información sobre la actividad neuronal de áreas homólogas a las que contienen neuronas espejo en el mono, como el lóbulo parietal inferior y la corteza premotora ventral (Errante y Fogassi, 2021).

Sin embargo, el único estudio que informó registros de neuronas individuales en pacientes epilépticos durante la observación y ejecución de una acción fue realizado por el neurocirujano Roy Mukamel, investigador de la UCLA (Universidad de California) y sus colegas que realizaron una grabación en vivo del sistema de neuronas espejo en el cerebro humano. A través del registro de 21 cerebros de pacientes que habían sido implantados con electrodos intracraneales para ser tratados por un tipo de epilepsia. Los investigadores aprovecharon la ocasión para experimentar y encontraron neuronas espejo en la corteza motora primaria, principalmente en el área de Broca, el área parietal inferior, la zona superior de la primera circunvolución temporal, el lóbulo de la ínsula y la zona anterior de la corteza del cuerpo calloso. Esto es relevante ya que no se había logrado detallar de forma directa el funcionamiento de neuronas espejo en humanos (Figuroa Cuadrado, 2013). Estos hallazgos, aunque no se centran en las áreas especulares homólogas a las descritas en monos, confirman de manera directa que existe un mecanismo que coincide con un sistema de espejos en humanos.

Funciones de las neuronas espejo en humanos

Imitación

La imitación es considerada la forma de aprendizaje más utilizada por los niños, debido a que permite la adquisición de distintas destrezas sin el lento aprendizaje por ensayo y error. Es fundamental en el desarrollo de las habilidades sociales como: la lectura de expresiones faciales y corporales. Este tipo de aprendizaje nos permite comprender las metas, intenciones y deseos de los otros. Sin embargo, se ha observado que la investigación del mismo se ha realizado de manera muy acotada. Debido a que en gran medida su estudio se ha efectuado por científicos sociales, seguido a que el conocimiento sobre los mecanismos neuronales de la imitación era limitado. Por este motivo, el descubrimiento de las neuronas

espejo ha sido de gran magnitud para comprender la ubicación y el funcionamiento de este tipo de aprendizaje (Iacoboni y Dapretto, 2007).

La evidencia sugiere que la imitación está estrechamente ligada al lenguaje y a la cultura. Para imitar un movimiento es necesario de dos procesos básicos: la observación e ingeniería motora. Esto se puede distinguir en la imitación del lenguaje debido a que, es necesario de estas secuencias. Seguimiento de procesos mucho más complejos de reconocimiento que se encuentran en distintos niveles, como distinguir una palabra o identificar un fonema. Esta secuencia requiere de una comunicación neuronal con el SNE (Rizzolatti y Craighero, 2004).

Por esta razón el imitar es considerado un acto complejo, debido a que se requiere de que el cerebro asuma el punto de vista de otra persona, y esto es importante porque si retrocedieramos en el tiempo, alrededor de cien mil años nos encontraríamos con algo muy importante a nivel evolutivo en el que aparecieron de manera repentina, una serie de destrezas como: el uso de herramientas, el fuego, el lenguaje y la capacidad de leer lo que alguien está pensando. Si tenemos en cuenta el fenómeno de la cultura humana en el sentido de que se ha logrado interpretar el comportamiento de una persona y que todo esto ha ocurrido de una forma relativamente rápida (Figuroa Cuadrado, 2013).

Vilayanur Ramachandran citado por Figuroa Cuadrado (2013), neurocientífico de nacionalidad India y parte del equipo de investigadores de la UCLA, sostiene que lo que ocurrió es que hace casi cien mil años ocurrió una aparición repentina de un sistema de neuronas espejo sofisticado que permitió emular e imitar las acciones de otros. De manera tal, que cuando un miembro del grupo descubre algo accidentalmente, como por ejemplo el uso del fuego o de un tipo concreto de herramienta, permitió que se extendiera este conocimiento y que luego fuera transmitido de generación en generación. Esta recopilación de artefactos, bienes, hábitos y valores heredados se han podido lograr gracias a la imitación de destrezas complejas que es lo que hoy llamamos cultura.

Aunque el mimetismo es un fenómeno omnipresente en el reino animal, la imitación ciertamente, se ve de forma más elevada en los humanos. Se ha asociado a la capacidad de comprender y empatizar con otras mentes. Según los estudios actuales los humanos parecen tener una fuerte tendencia a alinear su comportamiento con el de sus semejantes durante las interacciones sociales. Algunas formas de imitación no sólo son automáticas, sino que también operan en un nivel bastante complejo (Errante y Fogassi, 2021).

Por esta razón se han sugerido dos posibles rutas dirigidas a la imitación humana. Una de ellas hace hincapié de forma directa en los gestos, posturas, expresiones faciales y habla percibidas en otras personas. La otra posición nos conduce a una imitación más compleja y sutil que posibilita la interacción social, la conexión entre las personas y fomenta el cuidado mutuo. El circuito central para la imitación, está compuesto por la corteza temporal superior, el lóbulo parietal inferior y la corteza frontal inferior, que interactúa con otros sistemas neurales para apoyar diferentes formas de conducta imitativa (Errante y Fogassi, 2021).

Lenguaje

El lenguaje es una habilidad innata del ser humano y representa el modo de comunicación social más difundido. Es por medio del mismo, que poseemos la capacidad de compartir conceptos, intenciones, sentimientos y de responder a lo que otros expresan o verbalizan, es imprescindible durante la interacción social. La evidencia sugiere que el lenguaje, a través de los gestos, va incorporando progresivamente actos motores con elementos vocales. En este contexto el SNE permitiría generar una acción para “comunicar a un otro”. Esta perspectiva vincula a las neuronas espejo en los procesos semánticos actuando tanto en la ejecución de una acción como en la comprensión de mensajes comunicados mediante palabras o gestos (De Stefani, y De Marco, 2019).

Existen diversos temas que relacionan a las neuronas espejo con el lenguaje. Desde una posición evolutiva se ha sugerido que el SNE podría ser el precursor de un sistema neuronal relacionado con el lenguaje y la comunicación en el cerebro humano. Se ha fundamentado principalmente, en la homología anatómica entre el área F5 del cerebro del mono macaco y el área 44 de Brodman. Ubicado, en la circunvolución frontal, inferior y posterior del cerebro humano, región vinculada al lenguaje (Iacoboni y Dapretto, 2007). Este argumento ha servido para apoyar el origen gestual del lenguaje.

El sistema de neuronas especulares posee la base neuronal de un mecanismo relacionado entre la persona que emite un mensaje y el receptor. Es por este motivo, que las acciones realizadas por otros, se convierten en mensajes a ser comprendidos por un observador sin ninguna mediación cognitiva (Rizzolatti y Craighero, 2004).

Otro de los fundamentos se basa en el lugar que ocupa el SNE en la creación de aspectos en común entre el emisor y receptor de un mensaje, así ha sido postulado por algunas teorías de percepción del habla, las cuales proponen que los objetos de la percepción del lenguaje son los gestos fonéticos desarrollados por el hablante en lugar de las señales acústicas de los sonidos del habla. Una serie de estudios realizados a partir de estimulación

magnética transcraneal y resonancia magnética funcional han demostrado que las áreas motoras del habla son activadas durante la percepción del habla, tal como se cita en (Iacoboni, Dapretto, 2007).

En la actualidad durante una conversación cara a cara, el lenguaje verbalizado, los actos gestuales y motrices operan de manera sincronizada, Se puede ver como la mayoría de gestos se producen en asociación al habla. De esta forma, el mensaje toma un significado específico. Sin embargo, un tipo particular de gesto, el gesto simbólico (es decir, OK o ALTO), se puede realizar en completo silencio porque reemplaza el componente lingüístico formalizado de la expresión presente en el habla (De Stefani, y De Marco, 2019).

Cognición social

Entendemos a la cognición social como la integración de procesos que permiten la interacción entre sujetos de la misma especie que corresponde a una función fundamental para la supervivencia. De acuerdo al intercambio de señales sociales que se generen, se va a lograr recopilar información acerca de los otros involucrados para posibilitar el aprendizaje acerca del entorno compartido. A través de fenómenos básicos como la atribución de intenciones, la cognición social permite la existencia de una realidad compartida entre las personas. Dentro de los componentes básicos de la cognición social se encuentra la teoría de la mente, la empatía y la percepción social (Labbé Atenas, Ciampi Díaz, Venegas Bustos, Uribe San Martín y Cárcamo Rodríguez, 2019). El sistema de neuronas espejo se ha relacionado con estos componentes que como ya lo hemos descrito durante el desarrollo de esta investigación han estado muy vinculadas con los procesos interpersonales, las acciones y con las respuestas emocionales de los demás.

La empatía que es un constructo compuesto por dos componentes, uno cognitivo y otro afectivo. La empatía afectiva implica poder experimentar las emociones y sentimientos de los demás, a través del reconocimiento y sensibilidad de las emociones de los otros, y compartir esas experiencias por medio de una respuesta emocional acorde a la situación de la otra persona. Por otro lado, la empatía cognitiva hace referencia al proceso de comprender la perspectiva de los demás adoptando el punto de vista del otro, y cuando se refiere a tomar el punto de vista de la otra persona que a su vez, hace referencia al concepto de la teoría de la mente (TOM), es decir, la capacidad que tienen las personas para lograr atribuir estados mentales a otros para predecir y explicar su conducta. Asimismo, la empatía cognitiva también consiste en la capacidad de juzgar y comprender las intenciones de los demás para reorganizar y monitorear las propias intenciones (Vegni, D'Ardia y Torregiani, 2021).

Formas indirectas de medir el funcionamiento del SNE

Existe evidencia de que el mecanismo de observación/ejecución, se ha podido reconocer a través de distintas técnicas neurofisiológicas como electrofisiología (EEG), magnetoencefalografía (MEG), estimulación magnética transcraneal (TMS), tomografía de imágenes cerebrales por emisión de positrones (PET) y resonancia magnética funcional (fMRI) (Ferrari y Rizzolatti, 2014). El registro del funcionamiento del SNE ha sido corroborado por distintos profesionales que han hecho uso de estas técnicas.

Anatomía y principales áreas relacionadas

Como ya lo hemos mencionado antes, las neuronas espejo fueron descubiertas originalmente en el área F5 de la corteza premotora del mono. Fueron encontradas en humanos ubicadas en las regiones de la corteza premotora ventral, giro frontal inferior, lóbulo parietal inferior, (área que recibe una fuerte entrada de la corteza del surco temporal superior y es una región conocida por codificar el movimiento biológico) y la circunvolución frontal inferior (García González,2019). Estas áreas, comunicadas entre sí, conforman lo que se denomina el Sistema de Neuronas Espejo.

2. Capítulo:

Relación del sistema de neuronas espejo y el autismo infantil.

Trastorno del espectro autista

Esta alteración inicia de manera temprana en la etapa infantil con tendencia a presentarse en la adolescencia y adultez. Dentro de las características principales se incluyen los déficits en la interacción social, comunicación y la presencia de patrones repetitivos restrictivos en los intereses y el comportamiento. La palabra autismo proviene del griego auto 'propio de uno mismo'. Fue utilizado por primera vez por el psiquiatra Suizo Eugene Bleuler, en 1912. La clasificación médica del autismo no ocurrió hasta 1943, cuando el Dr. Leo Kanner del Hospital Johns Hopkins, presentó a un grupo de once niños e introdujo la caracterización del autismo infantil temprano (Guerra Rodríguez, Duarte Caballero y Arías Sifontes, 2021).

Distintos investigadores han considerado que las personas con TEA se han multiplicado de manera exponencial al punto de caracterizarlo como “una epidemia mundial”, ya que se han presentado diversos casos alrededor del mundo sin preferencias geográficas superiores a todos los grupos étnicos, raciales y niveles socioeconómicos. Esta alteración se ve cuatro veces con más frecuencia en el género masculino que en el femenino. En las personas con TEA se ha observado una alteración funcional en la corteza cerebral. Dentro de la misma, se han podido corroborar distintas anomalías estructurales en la disposición de las neuronas, lo que afecta la conexión sináptica dentro y entre las columnas corticales. Estas alteraciones dañan la corteza prefrontal y sus conexiones que es la región principal implicada en la regulación de la conducta social (Guerra Rodriguez, et al., 2021).

Estudios realizados mostraron que el cerebro en las personas con TEA tiene un crecimiento acelerado en su volumen a partir del primer año de vida. Sin embargo, a lo largo de la adolescencia se observa una desaceleración que se puede comparar con el cerebro de un adolescente en su volumen. Se estima que esta desaceleración inicia a partir de los 12 años. Este proceso de aceleración de crecimiento y desaceleración del volumen cerebral en el autismo, es una pista significativa sobre los procesos que se están llevando a cabo en este trastorno, debido a que a lo largo de la vida estas personas presentan cambios en el lóbulo frontal y en su volumen, tanto en la sustancia gris como blanca. El desarrollo de las circunvoluciones y surcos adecuados ha sido relacionado con un adecuado desarrollo cognitivo y sus modificaciones pueden llevar a alteraciones intelectuales severas, por lo que la organización de la corteza en el autismo es un tema análisis constante (Guerra Rodriguez, et al., 2021).

La primera evidencia experimental se realizó por Ramachandran y Oberman, científicos de la universidad de California en niños con TEA el cual demostró que los sujetos normales presentan una supresión del ritmo mu en regiones sensoriomotoras cuando realizan o cuando observan a otro realizar actos motores específicos. Este cambio en la actividad electroencefalográfica se ha correlacionado con la activación de las neuronas de la región promotora que corresponden al SNE. En relación a esto, los niños con autismo no muestran datos electroencefalográficos (supresión del ritmo mu) cuando observan a otros sujetos realizar actos motores, lo cual sugiere que el SNE no se activa normalmente y, por tanto, se les dificulta el reconocimiento empático de las conductas de los demás (Cornelio Nieto, 2019).

Otros investigadores han confirmado los resultados del grupo de Ramachandran utilizando diversas técnicas de monitorización de la actividad neuronal. Uno de ellos fue el grupo de Hari, de la Universidad de Helsinki, el cual encontró déficits en el SNE de niños con autismo por medio magneto encefalografía. Dapretto, de la Universidad de California, haciendo

uso de resonancia magnética funcional demostró que existe una disminución de la actividad de las neuronas en espejo en la corteza prefrontal de las personas con TEA. El grupo de Theoret, de la Universidad de Montreal, utilizó estimulación magnética transcraneal con el fin de estudiar la actividad de las neuronas en espejo en sujetos con autismo, en el grupo control, los movimientos de mano inducidos fueron más pronunciados cuando las personas observaron vídeos de los mismos movimientos. Este no fue el caso de los pacientes con autismo debido a que, este efecto fue mucho más débil (Cornelio Nieto, 2019).

En conjunto, estos hallazgos aportan alguna evidencia de que las personas con autismo presentan probablemente una disfunción en el SNE. También se ha mencionado que en otros estudios realizados con electroencefalograma no ha sido confirmada la relación entre SNE y TEA. Sin embargo, todos estos resultados sí han conseguido aportar a la comprensión de esta patología. Dado que se ha planteado con base a la evidencia neurofisiológica la vinculación entre los síntomas del TEA y las disfunciones que involucran las mismas características del SNE. Es decir, la comprensión de acciones motoras, aprendizaje por imitación, interacción social y la comprensión de emociones ajenas como propias. También por las diferencias significativas entre la desincronización del ritmo mu de personas con TEA y sujetos con un desarrollo neurotípico. Estos estudios apuntan a la hipótesis de un SNE alterado en el TEA y han logrado aportar a la caracterización de las personas con autismo (Giraldo Torres, et al.,2018).

Definición de autismo

López Gómez, S., Rivas Torres, R.M. y Taboada Ares, E.M (2017) explican que en la actualidad el autismo se ha identificado como un síndrome que puede ser generado por múltiples causas y ha sido definido como un “trastorno neuropsicológico” de curso continuo asociado a un retraso psíquico, que inicia de manera temprana más precisamente antes de los tres años de edad, caracterizado por una alteración a nivel cualitativo en relación con la interacción social, el lenguaje, comportamientos restringidos y estereotipados, con distintos grados de severidad. Este tipo de trastorno presenta una colección de síntomas heterogéneos en los que varía tanto la etiología como la sintomatología presente en cada persona.

López Gómez,et al.,(2017) señalan que las personas con autismo presentan ausencia en el control de los procesos que rigen los estados mentales. Es decir que, en este tipo de trastorno se manifiesta una falta en la representación simbólica, deseos y la capacidad para comprender los estados mentales propios o ajenos. Estos hechos se relacionan con las dificultades presentes en la modularidad de la mente de personas con autismo que se vinculan de forma atípica con las emociones, debido a que no existe una correcta capacidad de “leer la

mente” con base en los deseos y las creencias de los demás. Se ha producido un avance notable en la caracterización del autismo, (TEA) en relación a la complejidad, heterogeneidad, dificultad e implicaciones de esta patología. Sin embargo, en los últimos años, se ha reexaminado la etiología, precisión, cuantificación clínica y los límites de su conceptualización ya que se han catalogado como imprecisos.

A partir de 2013, con la quinta versión del Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales (DSM), se introducen cambios significativos enfocados en la comprensión real del autismo. En el cual, el TEA desaparece como una clasificación basada en un grupo de trastornos en los que se incluye el comienzo de la infancia, niñez o adolescencia. Para situarse en una nueva meta-estructura titulada, Trastornos del Neurodesarrollo. Debido a que este grupo de patologías eran diagnosticadas según el DSM-IV como Trastorno Generalizado del desarrollo (TGD), autismo, trastorno de Asperger, trastorno desintegrativo de la infancia y TGD no especificado. Todos estos fueron incluidos dentro de este mismo cuadro referenciado como TEA. Entre los síntomas más representativos se encuentra la dificultad en la interacción social y en la comunicación (Jaramillo Arias, Sampedro Tobón y Sánchez Acosta, 2022).

Actualmente la Asociación Americana de Psicología (APA, 2014) citada por Gomez y Torres (2014), clasifica el Trastorno del espectro Autista en el DSM-V como una enfermedad mental que presenta deficiencias a largo plazo tanto en la comunicación como en la interacción social, independientemente del contexto en el que se encuentre. Dichas deficiencias pueden ser diferentes dependiendo de la persona y la gravedad de los síntomas. Estas características ocasionan que los sujetos con TEA no logren entablar una conversación, muestren poco interés social, se les dificulte el contacto visual y por ende el lenguaje, así como el mantenimiento y comprensión de las relaciones interpersonales. Presentan ecolalias, estereotipias y conductas ritualizadas e inflexibles al igual que intereses restringidos.

Principales áreas comprometidas en los niños con autismo

Anteriormente estuvimos mencionando algunos de los síntomas presentes en el TEA, los cuales abordaremos de manera sintetizada. Dentro de las características y manifestaciones de las personas con TEA, existe una lista muy restringida de intereses y comportamientos que los limitan en variadas actividades y habilidades de la vida diaria en comparación a una persona con un desarrollo neurotípico. Cabe destacar, que no todos los sujetos con TEA presentan exactamente los mismos síntomas o comportamientos. Por otro lado, existe la posibilidad de que las personas con este trastorno sean hiper o hiposensibles a estímulos ya sean, auditivos (sonidos fuertes), táctiles (tejidos o texturas), olfativos (algún olor en específico) y gustativos (diferentes sabores). En ocasiones se suman alteraciones en el

comportamiento, como no sentir temor ante peligros reales, aparente insensibilidad al dolor, no hacer contacto visual, conductas motoras repetitivas, hiperactivo o muy pasivo, entre otras.

Los sujetos con Autismo, presentan dificultades persistentes en la comunicación e interacción social y patrones comportamentales con intereses reducidos y estereotipados. Estas dificultades se logran visualizar durante el intercambio social, debido a que en muchas ocasiones existe poca o nula reciprocidad en una conversación, en la cual se puede ver obstaculizada la expresión y el entendimiento de emociones o sentimientos. A su vez, la comunicación verbal y no verbal está mal integrada. Presentan anomalías en el contacto visual, el lenguaje corporal, así como dificultades en la comprensión y uso de gestos (Vegni et al., 2021).

Se les complejiza el reconocimiento de rostros lo que imposibilita la percepción de expresiones faciales y, por ende, la percepción de las emociones. Las dificultades en la percepción de caras y emociones generaría la imposibilidad de inferir segundas intenciones, comprender miradas, deseos y conductas de los otros, la denominada ceguera mental o ausencia de la teoría de la mente, lo que afecta gravemente la conducta social (Ruggieri, 2013).

En cuanto al lenguaje y la comunicación las personas con TEA, presentan distintas dificultades que no son exclusivas de esta patología. Un ejemplo de esto, es la inversión de los pronombres es decir que, se usan los pronombres tú cuando se pretende el pronombre yo. También puede aparecer ecolalia funcional o no al contexto seguido de una reducción o retraso inverso de producción y comprensión del lenguaje, que puede variar en cada uno de los casos independientemente de la edad. Por esta razón se evalúa el vocabulario adquirido o la gramática. Las investigaciones continúan afirmando que en el TEA existe un retraso normativo en la producción y comprensión del lenguaje (Gernsbacher, Morson y Grace, 2016).

Etiología del Autismo

La etiología del autismo incluye factores genéticos, neuroquímicos, neuroanatómicos y funcionales. Sin embargo, la heterogeneidad y la alta complejidad en su manifestación clínica constituyen un desafío para el estudio de la neuropatología, hasta el punto de impedir una identificación definida para este trastorno (Giraldo Torres, et al., 2018). La mayoría de investigaciones abordadas manifiestan que en la actualidad se desconoce una causa específica para el TEA. Hacen hincapié de que se trata de una patología en compleja interacción entre genética, epigenética y factores ambientales. También que se desarrolla antes de los tres años de edad.

Las teorías neuropsicológicas explican que el TEA puede surgir debido a la modularidad de la mente, donde se presenta una especie de ceguera mental y déficits ejecutivos. Se han identificado posibles disfunciones del sistema nervioso central, el SNE y

distintos mecanismos neuropsicológicos complejos alterados. Desde la psicología cognitiva se ha desarrollado una hipótesis relacionada con la “teoría de la mente” en la cual se describe una dificultad en la modularidad cognoscitiva que podría ser la causa del síndrome conductual presente en las personas con autismo. La modularidad de la mente es un constructo que ha sido utilizado para dar a conocer las distintas ejecuciones y variaciones en las personas con autismo, como la organización y la arquitectura de la mente. Este marco teórico sostiene que, en el ser humano reside la capacidad de atribuir estados mentales a sí mismo y a los demás, esto permite predecir y explicar el comportamiento, que no se desarrolla de manera esperada en los sujetos con autismo (López Gómez, et al., 2017).

La disfunción del SNE se ha considerado un factor causal en los déficits presentes en la cognición social, alteraciones en la comunicación, lenguaje y la interacción social características del TEA. La causa neurobiológica de esta patología aún no se conoce. Sin embargo, el descubrimiento del SNE nos puede proporcionar una base para comprender algunos de los déficits comportamentales presentes en las personas con autismo. Tanto es así que, en años recientes, la hipótesis de una disfunción del sistema de neuronas espejo en los TEA, ha tomado relevancia por parte de la comunidad científica. Debido a que los distintos estudios neurofisiológicos y de neuroimagen han apoyado esta hipótesis (Palau Baduell et al., 2011).

Neuronas espejo y Autismo infantil

Según Hamilton (2013) la definición de las neuronas espejo (NE) se ha complejizado, debido a que se ha logrado corroborar que este grupo de neuronas no actúa de manera independiente sino que participan de forma conjunta con ciertas áreas cerebrales y juega un papel fundamental en la comprensión e imitación de la acción. Dentro de la teoría más dominante se encuentra un modelo que sostiene, que estas neuronas emiten una respuesta ante las acciones observadas, esto se debe a que en el propio sistema motor del observador hay una representación de la actividad vista.

El sistema de neuronas espejo humano también se ha relacionado con procesos cerebrales de orden superior, tales como el aprendizaje por imitación, el lenguaje, las habilidades de la teoría de la mente, la empatía, la percepción de las intenciones ajenas. Dichas funciones se han asociado a las dificultades presentadas en el autismo como lo son, las alteraciones en la comunicación, lenguaje y en la interacción social. La causa neurobiológica de esta patología aún no se conoce. Sin embargo, el descubrimiento del SNE nos puede proporcionar una base para comprender algunos de los déficits comportamentales en las personas con esta patología. Tanto es así que, en años recientes, la hipótesis de una

disfunción del sistema de neuronas espejo en los TEA, ha tomado relevancia por parte de la comunidad científica. Ya que los distintos estudios neurofisiológicos y de neuroimagen han apoyado esta hipótesis (Palau Baduell et al., 2011).

Desde el punto de vista neurofisiológico, como ya se mencionó anteriormente la actividad del sistema de neuronas espejo en humanos se ha investigado a través del análisis y la actividad del ritmo mu. Por esta razón a finales de los años noventa emergió la idea de que el sistema de neuronas espejo podría contribuir a algunos de los síntomas que caracterizan a las personas con TEA. Desde entonces la mayoría de hallazgos han confirmado la relación entre la disfunción del sistema de neuronas espejo y el TEA. De esta manera, si el sistema de neuronas espejo está alterado en los pacientes con Autismo, se podría considerar la hipótesis de que en dicha patología puede obtenerse una respuesta del ritmo mu alterado (Palau Baduell et al., 2011).

Distintos grupos de investigación han aportado datos sobre este supuesto. Mediante metodología EEG, Oberman citado por Palau Baduell et al., (2011) comparó a un grupo de sujetos con TEA de alto grado de funcionamiento (AAF) en relación a un grupo control. Se realizaron registros EEG en cuatro condiciones distintas, en donde los sujetos movían su mano, miraban un vídeo de una mano agitándose, observaban un vídeo de dos bolas rebotando y por último, miraron una pantalla en blanco. Al analizar los registros EEG encontraron que los sujetos del grupo control, mostraron una supresión del ritmo mu significativa cuando observaban y realizaban el movimiento de la mano, mientras que los sujetos del grupo con AAF sólo mostraban supresión mu significativa al efectuar el movimiento con su mano y no cuando observaban el movimiento realizado por otra persona en el vídeo.

Según los autores, la falta de supresión del ritmo mu en el grupo con AAF durante la observación de los movimientos sugiere una disfunción del sistema de neuronas espejo. Esto es interesante porque como, se ha logrado contrastar la presencia de supresión mu significativa aparece cuando una persona puede realizar por sí mismo la acción. Lo cual demostraría el correcto funcionamiento de otros sistemas sensitivomotores implicados en los movimientos efectuados por uno mismo. Estos resultados dan a conocer la implicación que tienen las neuronas especulares en relación a las personas con TEA. Sin embargo, no es posible distinguir si la alteración en las neuronas espejo es la disfunción primaria o bien es una consecuencia de alteraciones anatómicas o funcionales en otras regiones cerebrales (Palau Baduell et al., 2011).

Estos hallazgos se han replicado en otra investigación más reciente, donde se elabora un diseño un poco más complejo debido a que se incorpora la imitación de la acción. Al comparar a un grupo de sujetos con TEA y un grupo control, se puede visualizar que el grupo de personas con Autismo muestra dificultad en la emulación de una acción. De igual manera que en la investigación anterior, estos sujetos registraron un ritmo de supresión mu alterado al observar un movimiento. Además, presentan dificultades en las tareas de imitación que se encuentran correlacionadas con la supresión del ritmo mu, particularmente en el caso de la imitación de gestos. Este dato podría sugerir que la actividad disfuncional de las neuronas espejo en las personas con Autismo se relaciona más con las tareas con relevancia social (Palau Baduell et al., 2011).

En otro trabajo realizado por Oberman, se analizó la relación entre un familiar y un sujeto con autismo, mientras realizaba una acción. Para determinar si había alguna influencia en la supresión del ritmo mu. De esta forma, se compararon los registros EEG de un grupo con AAF y un grupo control, obtenido al observar un vídeo en cuatro condiciones distintas: una persona no conocida abriendo y cerrando la mano derecha, un familiar realizando la misma acción, el propio sujeto realizando la misma acción y, finalmente, el sujeto botando pelotas. El grupo control manifestó una supresión mu significativa al observar la mano del extraño, la del familiar y la suya propia (aunque con menor supresión al contemplar la mano del extraño). El grupo con AAF mostró una supresión significativa cuando miraba su propia mano y la del familiar, pero no cuando observaba la mano del extraño (Palau Baduell et al., 2011). Estos resultados indican que existen aspectos emocionales y cognitivos de índole social ligados a la respuesta de las neuronas espejo a través del ritmo mu.

Asimismo, dentro de una de las teorías más reconocidas, se encuentra la del espejo roto, en la que se distinguen tres variantes que afirman cuestiones distintas. Por una parte, se tiene una amplia evidencia de la debilidad que presentan las personas con esta patología en el comportamiento, especialmente en la imitación. Vinculado al SNE en la "simulación de la acción" es decir, que la dificultad para imitar en los sujetos con autismo tiene que ver con las dificultades presentes en el SNE (Hamilton,2013).

Existe otra posición similar la cual postula, que en las neuronas espejo se encuentra la base para imitar a otros, y que tal simulación podría usarse a la hora de realizar una acción. Pero que también, podría relacionarse con las emociones y los estados mentales de las personas. La última variante sostiene, que podría haber una falla en el sistema básico de imitación de las neuronas espejo, que ocasiona dificultades relacionadas a la teoría de la mente, el lenguaje y la empatía. Esta teoría predice que la comprensión de las acciones y las emociones en el SNE se manifiesta de forma distinta en los sujetos con autismo (Hamilton,2013).

Otra versión de esta teoría se basa en que algunas neuronas espejo pertenecen a una secuencia de acción. En otras palabras, este grupo de neuronas espejo solo se activan cuando el mono ve o realiza una acción en una secuencia específica por ejemplo, observar y tomar una fruta para comer. La activación de este sistema al comienzo de una secuencia, permite que el mono diseñe una representación anticipada del evento y por lo tanto logre comprender la intención del actor. En las personas con autismo se localizaría una disfunción en las NE que podrían ocasionar dificultades en otras áreas relacionadas con la cognición social. Esta versión no menciona ningún deterioro de las NE, el lenguaje y las emociones (Hamilton,2013).

Las tres versiones de la teoría del espejo roto comparten la afirmación de que el sistema de neuronas especulares es la causa fundamental del déficit en la interacción social en sujetos con autismo. Existen numerosos estudios comportamentales en los que se estudia la imitación y la comprensión de las acciones. Se ha mencionado que la conducta de imitar en niños con autismo es anormal. Debido a que presentan una frecuencia reducida en general, incluso se ha sugerido que el funcionamiento deficiente en la imitación podría ser causado en el SNE por fallas en otras áreas del cerebro, relacionadas con el proceso visual, control de la respuesta o el desempeño motor. Por este motivo en los últimos años, se le ha dado más lugar a los métodos estadísticos sólidos y que sean apropiados en la neurociencia cognitiva (Hamilton,2013).

También se ha discutido sobre la teoría de la disfunción de las neuronas espejo, que congenia con los postulados de la teoría de la mente (TOM) debido a que la misma, considera la dificultad que presentan las personas con autismo para acceder a la representación de los estados mentales de sí mismo y de otros, incluyendo sus emociones, intenciones y motivaciones. Sin embargo, estas teorías se consideran muy recientes debido a que todavía están en investigación. De ahí su importancia en los siguientes años, para encontrar la posible causa de este trastorno (López Gómez,et al., 2017).

Principales áreas afectadas en niños con autismo vinculadas con el SNE

Distintos investigadores han examinado la imitación y la comprensión de acciones tratando de evidenciar la función del SNE. Los distintos artículos nos han informado de que los niños y adultos con autismo poseen una conducta de imitación deficiente debido a que presentan una frecuencia reducida en la emulación y precisión espontánea. El desempeño deficiente en una imitación podría ser causado por fallas en el SNE o por fallas en otros sistemas cerebrales involucrados en el procesamiento visual, el control de la respuesta o el desempeño motor. De manera similar, un buen desempeño en una tarea en particular podría indicar un SNE intacto o podría reflejar estrategias compensatorias (Hamilton,2013).

3. Capítulo:

Neuronas espejo: Aprendiendo a estimular y activar el SNE en niños con Autismo

El autismo es definido por sus características principales que se encuentran presentes desde la primera infancia, las cuales comprometen y limitan el funcionamiento diario del niño. Teniendo en cuenta esta caracterización, la estimulación de la que fue objeto toda su vida, el entorno, la variabilidad en la que se pueden manifestar estos síntomas, en las distintas etapas del desarrollo, como la edad cronológica y la afectación cognitiva, nos dan una pauta sobre la gravedad del cuadro autista para intervenir de forma más oportuna y temprana (Almeida y Cinta Aguaded, 2016).

La evaluación neuropsicológica busca por medio de distintos tratamientos, maximizar las funciones cognitivas para que el niño con autismo sea más funcional en la realización de las tareas de la vida diaria y la interacción social. Este enfoque se basa en el paradigma biopsicosocial. Desde este lugar, la rehabilitación psicológica involucra a varios actores, es decir, a todos aquellos que directamente o indirectamente están involucrados en su contexto, formas de vincularse y los factores particulares que atraviesan al niño (Almeida y Cinta Aguaded, 2016).

En relación a esto, las intervenciones apuntan a que el mismo, logre aprender con distintas estrategias de compensación y de soporte. Por esta razón, se hace hincapié en las funciones ejecutivas, las capacidades de codificación y decodificación, lenguaje verbal o gestual, por ello, las respuestas no se producen de forma natural o ajustada. Para la realización de estas técnicas y metodologías se hace uso de un concepto fundamental que es la neuroplasticidad incluyendo la capacidad de autorregeneración y de adaptación morfológica del cerebro (Almeida y Cinta Aguaded, 2016).

Una de las propiedades más estudiadas del cerebro humano es aquella de cambiar constantemente a través de la vida, en respuesta al entorno y a la experiencia. De esta forma, el sistema nervioso evoluciona constantemente para permitir la adaptabilidad al ambiente en el que se encuentra, esta propiedad es la neuroplasticidad. A su vez, la misma, como efecto terapéutico de los síntomas del autismo ha sido ampliamente estudiada. Dada su amplia gama de posibilidades (Serrano Delgado y Pulido Castro, 2019). También, varias áreas de las ciencias de la salud han hecho aproximaciones al tratamiento del autismo por medio de este concepto. Asimismo, si conocemos las áreas y subáreas que se encuentran comprometidas en las personas con autismo podremos tener las herramientas necesarias para estimular el sistema de neuronas espejo a través de lo que venimos mencionando la evaluación neuropsicológica y el proceso de enseñanza-aprendizaje.

De esta manera, podemos conocer las conexiones y sus ausencias (entre las funciones corticales superiores) como las responsables del lenguaje, la memoria y la atención, el aprendizaje a través de símbolos como la escritura, la lectura y conceptos, entre otros. Para que esto suceda es imprescindible que todos los actores (familia y profesionales) participen en coordinación y se involucren con el niño, entendiéndolo como un ser humano en desarrollo a lo largo de toda su vida, que es capaz de aprender, a pesar de las barreras, contratiempos, diferencias y en muchos casos limitaciones que se puedan manifestar. Según sus necesidades, intereses, fortalezas y debilidades (Almeida y Cinta Aguaded, 2016).

Esta coordinación ayudará a compensar las capacidades funcionales atípicas a la hora de dar respuesta a las diferentes situaciones. Ahora bien, la estimulación neuronal orientada y planificada depende del conocimiento que podamos tener sobre el niño con autismo. Sin embargo, no cabe duda que la diversidad de manifestaciones y características, estímulos, sentidos y su ausencia, son fuertes barreras a superar para que la intervención sea lo más adecuada y ajustada posible (Almeida y Cinta Aguaded, 2016).

¿Cómo estimular las neuronas espejo en niños con autismo?

Las investigaciones sobre cómo estimular a los niños con autismo en relación a sus déficits han avanzado en la neuropsicología, a través de ejercicios que permitan la plasticidad neuronal, en donde se realizan varias intervenciones para la rehabilitación con técnicas compensatorias por medio de estrategias de sustitución conductual y utilizando otros medios que posibiliten al sujeto con autismo aprender o reaprender determinada competencia (Serrano Delgado y Pulido Castro, 2019).

Algunas de las intervenciones encontradas para reducir la sintomatología del autismo son, el entrenamiento de las habilidades sociales y la rehabilitación de algunos síntomas principales a partir del principio de la neuroplasticidad. Entre las más representativas se encuentran las terapias basadas en principios neurobiológicos, Intervenciones conductuales, Fisioterapia y Medicina alternativa (Serrano Delgado y Pulido Castro, 2019). En este sentido, las terapias que se relacionan con el sistema de neuronas espejo son las basadas en los principios neurobiológicos.

De esta forma tomamos las investigaciones que se focalizaron en estimular el sistema de neuronas espejo de niños con autismo en etapa infantil. Las mismas, consideran que “los avances en las terapias para niños con TEA reflejan la importancia de contar con facilitadores (muchos de ellos tecnológicos) que permitan potenciar la interacción del niño con su mundo exterior. En este caso, los productos tecnológicos se han usado como un medio de aprendizaje para el desarrollo físico, psicológico y social de las personas y funcionan como herramientas que estimulan la atención, el seguimiento de órdenes y la socialización (Cañete, López y Peralta, 2021). Muchas de estas habilidades están relacionadas con las neuronas espejo.

Distintas investigaciones han demostrado el papel que tienen estos juegos tecnológicos en las terapias, que generalmente se clasifican en: dispositivos de estimulación visual, táctil y auditiva, instrucción y retroalimentación basadas en video, acciones e instrucciones asistidas por computadora, realidad virtual y robótica. No obstante, muchos de estos recursos se encuentran en la fase inicial de investigación y de desarrollo, lo que significa que la demanda de productos especializados en asistencia en personas con TEA no está cubierta por la oferta actual disponible en el mercado (Cañete, et al., al, 2021).

Debido a esto, padres, tutores y otros profesionales relacionados con la terapia y la educación de estos niños, se ven obligados a utilizar juguetes no adaptados. También, la investigación, el desarrollo y la innovación en este tipo de productos para niños con discapacidad no avanza, en comparación de los juguetes para infantes con un desarrollo típico. Para ello, la tendencia actual hace hincapié en la introducción de las nuevas tecnologías para darle la propiedad de “inteligente” a los productos (Cañete, et al., al, 2021).

De esta forma se ha dado a conocer un proyecto que se titula "KEYme", que representa un diseño de tecnología para las personas con TEA adaptado a sus necesidades. Esta metodología desarrolla un juguete multifuncional con propiedades interactivas e inteligentes que combina distintas especificaciones, permitiendo la creación de un producto adaptable a los diferentes cuadros del autismo y a diversos contextos de uso, como es el caso, de la terapia, familia, y didáctica del niño. A su vez, este producto puede ayudar al niño a desarrollar aquellas habilidades en las que tiene dificultades (como la comunicación social y los desafíos en la interacción, comportamiento repetitivo y restrictivo, sensibilidad excesiva o insuficiente a los factores perceptivos). Incluye aquellos cambios, tendencias y nuevos conceptos que actualmente se están aplicando en el mercado dentro de los productos para niños con desarrollo típico (Cañete, et al., al, 2021).

KEYme no es considerado un juguete de uso individual, más bien, es un producto colaborativo y facilitador de la interacción social para mejorar habilidades cognitivas, motoras y sensoriales de los niños con TEA. La aplicación equilibrada de estímulos motores, visuales, sonoros y táctiles se traduce en un aumento de la actividad neuronal, lo que a su vez, facilita la consecución de los objetivos dentro de habilidades como la psicomotricidad (referida a las acciones y motricidad que implican el movimiento de los músculos del cuerpo). Entre otras habilidades que se busca desarrollar en los niños con esta patología (Cañete, et al., al, 2021).

Por último, el proyecto KEYme contribuye a la mejora de juegos y es más accesible en el ámbito del desarrollo humano y la sostenibilidad social (equidad). Trabaja dentro de la esfera de la niñez y la discapacidad, haciendo hincapié en la amplia gama de signos y síntomas de TEA en tecnología para la asistencia de los mismos. Dentro del método de fabricación se tiene como principio de diseño, que sea universal y adaptativo para facilitar la accesibilidad física (características de movilidad adaptadas), la accesibilidad cognitiva (características adaptadas de procesamiento, comprensión, aprendizaje y toma de decisiones en la tarea) y la accesibilidad sensorial (características que aseguran la percepción correcta de los factores ambientales e información sobre el medio ambiente) (Cañete, et al., al, 2021).

También se ha desarrollado otro producto manual que se denomina "Neurodiseño empático basado en las NE, para niños con trastornos del desarrollo" en este tipo de producto, se han identificado distintos parámetros en cuanto al uso e interacción para estimular la actividad empática que aporta el sistema de neuronas espejo. El objetivo principal de esta investigación es diseñar y desarrollar un juguete con características muy similares al anterior, en lo que refiere a la innovación y que esté enfocado a niños con trastornos del neurodesarrollo, se busca hacer énfasis en el área de la empatía y en las dificultades que pueden surgir por la falta de la misma que se relaciona a las deficiencias en la activación del SNE (Morales Garcia, et al., 2018).

Se describe cuales son las características principales de diseño y confección de este producto y qué habilidades se buscan desarrollar o potenciar en los niños haciendo hincapié en que este juguete no sea muy llamativo porque el niño se centraría en el producto y no en lo que se pretende que, es la interacción con el otro. Por lo tanto, no se presentará receptivo a realizar juegos de imitación. Por ello, se propone que se usen formas geométricas simples y colores primarios tono pastel (Morales Garcia, et al., 2018).

A su vez, se ha resaltado que los niños presentan mucha atención a los sentidos proximales: olfato, gusto y tacto. Por lo que se resalta el cuidado en cuanto a las texturas utilizadas. Debido que en este caso el niño también se centrará en el exceso de este producto. Esto no quiere decir, que el juguete no contenga texturas. En lo que tiene que ver a la temperatura, debe ser neutra en relación al tacto, por ello se propone que se usen materiales con una buena adaptación térmica (Morales Garcia, et al., 2018).

También se ha podido corroborar un gran interés en el diseño de sistemas interactivos para ayudar a los niños que viven con TEA. De esta manera, se han desarrollado estrategias para asistirlos en distintas situaciones de la vida diaria, donde se pueden enfrentar a dificultades debido a sus habilidades sociales y de comunicación deterioradas, como, en distintas áreas ya descritas anteriormente. Muchas de las revisiones encontradas sostienen que los juegos terapéuticos pueden ser un medio apropiado para ayudar a los niños con autismo a mejorar su funcionamiento social (Yang, An, Yang, Strojny, Zhang, Sun y Zhao, 2021).

Entre esos juegos se encuentra “Social Mirroring Game” que puede permitir que los niños con autismo logren observar distintas secuencias de interacción social activando sus neuronas espejo (relacionadas con las habilidades de imitación, comprensión de intenciones y empatía). Mientras que reciben retroalimentación gamificada (poder llevar este tipo de juegos a un contexto que no es común verlo). Basados en las ondas mu y sus señales cerebrales (un indicador EEG de la actividad de las neuronas espejo), el juego puede reforzar el funcionamiento social del cerebro de los niños. Asimismo, se ha afirmado que los beneficios terapéuticos del enfoque de las neuronas espejo continúan reconociéndose en estudios neurocientíficos o médicos (Yang, An, Yang, Strojny, Zhang, Sun y Zhao, 2021)

.La intervenciones de neurofeedback (NFT) utilizada en esta investigación se titula “Starkids” incluye un kit de sensor de EEG portátil dedicado a usuarios en edad preescolar con TEA (de 3 a 6 años), una aplicación con una serie de contenidos de juegos NFT abiertos para uso continuo. El servicio Starkids actualmente está dirigido a entornos de capacitación ad-hoc en los que los niños con TEA usan el sistema con el apoyo o la orientación de los cuidadores

(educadores y terapeutas). Starkids actualmente incluye 12 juegos animados y 24 juegos que utilizan videoclips de personas en la realidad. Todos estos juegos representan distintas situaciones en las que se involucran distintas interacciones y la colaboración entre niños o personajes de dibujos animados, lo que ha demostrado ser una forma efectiva de estimular y reforzar la atención social de los niños con TEA (Yang, An, Yang, Strojny, Zhang, Sun y Zhao, 2021).

Sin embargo, un aspecto crítico es cómo esta técnica de neuroretroalimentación del dominio médico debe ser aprovechada adecuadamente por el diseño de HCI, (que es un campo de investigación basado en el diseño y la tecnología informática, donde se observa la forma en la que los humanos interactúan con los ordenadores). Para poder diseñar tecnologías que permitan interactuar de una forma más humana y novedosa. También se busca que puedan ser reconocidos a nivel mundial para poder ser utilizados en contextos diarios principalmente. La estimulación del SNE se considera el medio para que un niño con autismo pueda vivir experiencias que deben ser comprendidas y diseñadas. Sin embargo, en muchos casos este “recurso” es visto como un “modelo médico” que explica una posible causa que lo ve como una problemática a ser tratada (Yang, An, Yang, Strojny, Zhang, Sun y Zhao, 2021).

Conclusiones

Las neurociencias han revelado de un modo relativamente acelerado distintos datos que han impactado en diversos campos de las humanidades. Campos que nos hacen reflexionar, desde la filosofía a la ética, educación y sin lugar a dudas de forma destacada en la psicología, la cual también se nutre de los conocimientos aportados por las neurociencias. Por esta razón consideramos que como profesionales de la salud mental es fundamental tener un conocimiento sólido sobre la estructura y funcionamiento del cerebro. Debido a que en nuestra práctica como psicólogos no se hace solo necesario “diagnosticar” sino, prevenir e intervenir de una forma más efectiva. No se trata de solo una patología en sí, si no de una persona y esto involucra su particularidad. Trastornos como el autismo, se comprenden como “espectro autista” porque existe justamente una amplia variación en el tipo y gravedad de los síntomas.

Este tipo de patología se ha incrementado notoriamente requiriendo que los psicólogos cuenten con más herramientas de abordaje para prevenir, tratar y estimular las distintas áreas en las que se encuentran implicadas de forma deficitaria las personas con autismo. Se considera que estas técnicas deben realizarse de manera temprana por parte de los centros de salud, instituciones educativas y las familias. Debido a que es un trastorno que muestra signos desde los primeros meses de vida. El enfoque de la neuropsicología busca hacer hincapié en las distintas áreas afectadas en las personas con autismo para mejorar su diagnóstico. A través de diferentes terapias e intervenciones enfocadas en la enseñanza y aplicación de variados

métodos para estimular las funciones ejecutivas. Estas técnicas han contribuido a la reflexión de otras posibles formas de tratamiento que continúen involucrando las capacidades cognitivas, las habilidades de ejecución y la funcionalidad de una persona, así como las limitaciones y facilitadores que se consideran importantes a la hora de implementar una intervención.

La neuropsicología ha permitido una mirada más enriquecedora sobre el desarrollo infantil y la disfunción cerebral, permitiendo que se logre comprender y evaluar a los niños con una metodología más ajustada y consciente de su necesidad. El SNE podría ser una herramienta para la evaluación, estimulación y rehabilitación de niños con TEA, tomando conceptos como la neuroplasticidad ya que las neuronas espejeras están ubicadas en varias regiones que posiblemente puedan estar alteradas. En este enfoque se han estudiado de forma más rigurosa las funciones ejecutivas. Funciones donde se ubican las habilidades cognitivas superiores que son las que se han articulado con el SNE por su ubicación y la actividad que desempeñan.

Las neuronas espejo fueron descubiertas por primera vez en el área F5 de los monos macacos. En los humanos, se ha estudiado su actividad por medio de electrofisiología, magneto encefalografía, estimulación magnética transcraneal, tomografía de imágenes cerebrales por emisión de positrones y resonancia magnética funcional, de esta manera la respuesta de este grupo de neuronas se ha logrado corroborar de forma indirecta. La primera evidencia de la actividad de las neuronas espejo fue por medio de la observación de la desincronización del ritmo mu, que en la actualidad se han encontrado en áreas corticales sensitivomotoras en las que se han reconocido varias interconexiones como: las áreas premotoras ventrales, donde se localizan estas neuronas.

Inicialmente fueron definidas como el conjunto de células visomotoras que son activadas cuando una persona genera un movimiento, pero que también responden cuando el sujeto observa a otro realizar una acción. En numerosas investigaciones se demostró que el SNE se ha relacionado con procesos cerebrales de orden superior como el aprendizaje por imitación, lenguaje, la cognición social, incluyendo la empatía y la percepción de intenciones ajenas. Ya a finales de los noventa se empieza a concebir la relación entre las neuronas espejo y algunos de los síntomas descritos en el TEA. En esta patología se presentan déficits conductuales relacionados con la interacción social, la comunicación y la dificultad en el reconocimiento de las emociones propias y hacia los demás, intereses limitados y conductas estereotipadas. Estos síntomas se han vinculado a las funciones del SNE.

Una de las primeras evidencias experimentales demostró que los niños con autismo no muestran datos electroencefalográficos (supresión del ritmo mu) cuando observan a otros sujetos realizar actos motores por lo tanto se les dificulta el reconocimiento empático de las conductas de los demás (Cornelio Nieto, 2019). Otras investigaciones han confirmado estos resultados. De esta forma se puede tener alguna evidencia de que las personas con autismo presentan una disfunción en el SNE. Estos resultados también han posibilitado que exista una comprensión más significativa de esta patología.

El autismo es definido por los déficits manifestados en el lenguaje como en la comunicación y en la interacción social debido a que en términos generales, presentan poco interés social y se les dificulta la comprensión de las relaciones personales, en algunos casos manifiestan ecolalias, estereotipias y conductas ritualizadas e inflexibles al igual que intereses restringidos. Su causa definitiva todavía es desconocida, pero si se ha podido reconocer que los factores genéticos, neuroquímicos, neuroanatómicos, funcionales y la epigenéticos que influyen en este tipo de trastorno.

El enfoque de la neuropsicología ha posibilitado distintas técnicas para que los niños con autismo aprendan a desarrollar la autonomía empleando algunas estrategias compensatorias que pueden contribuir a la adquisición de habilidades sociales, emocionales, conductuales y de la comunicación. Estas habilidades se consideran necesarias para solucionar los problemas de la vida diaria. De esta forma los niños con TEA pueden aprender a interactuar con el entorno y consigo mismo. Es importante reconocer el grado de estimulación que tiene el niño, esto incluye un ambiente facilitador que tenga en cuenta el colegio, la familia y los distintos profesionales. Debido a que los mismos, son fundamentales en el proceso de estimulación y aprendizaje del niño.

En la actualidad este enfoque aborda los déficits presentes en los niños con autismo por medio distintos ejercicios y algunas intervenciones basadas en el entrenamiento y rehabilitación de las habilidades sociales y algunos otros síntomas a partir del principio de la neuroplasticidad. Las terapias más usadas son las conductuales, Fisioterapia y Medicina alternativa. Sin embargo, hay otro tipo de investigaciones que se focalizan en estimular el SNE de niños en etapa infantil. Debido a lo que venimos mencionando, que entre más temprana sea la intervención mejor es el pronóstico del niño. Consideramos que los avances en las terapias de niños con TEA requieren de distintos productos basados en la investigación que les permita aprender teniendo en cuenta su particularidad y las áreas que se encuentran comprometidas de una forma más inclusiva.

Se han desarrollado distintos productos para estimular la respuesta de las neuronas espejo y las regiones que se encuentran asociadas. Los facilitadores o juegos tecnológicos que están en auge según las investigaciones son los dispositivos de estimulación visual, táctil y auditiva, instrucción y retroalimentación basadas en video, acciones e instrucciones asistidas por computadora, realidad virtual y robótica. Sin embargo, se aclara que muchos de estos productos se encuentran en la fase inicial de investigación y de desarrollo. Lo que significa que todavía no son reconocidos ni cubren la demanda del mercado. Por esta razón padres, tutores y otros profesionales se ven obligados a utilizar juguetes no adaptados.

Dentro de los productos encontrados para estimular el SNE se encuentra “KEYme”, que es un juguete multifuncional con propiedades interactivas e inteligentes que combina distintas especificaciones, permitiendo la creación de un productos adaptables a los diferentes cuadros del autismo y a diversos contextos de uso, como es el caso, de la terapia, familia, y didáctica del niño. Se trabaja en aspectos como la comunicación social, la interacción, comportamiento repetitivo y restrictivo, sensibilidad excesiva o insuficiente a los factores perceptivos. Otro de los productos desarrollados es “Neurodiseño empático basado en las NE, para niños con trastornos del desarrollo” en este tipo de producto se busca desarrollar o potenciar la interacción social. Por último existe otro diseño que está basado en sistemas interactivos el cual se denomina “Starkids” que puede permitir que los niños con TEA observen distintas secuencias de interacción social para activar el SNE.

Es importante reflexionar sobre nuestra práctica como psicólogos y el autismo. Debido a que se requiere que tengamos una mirada flexible frente al cambio y a las nuevas posibilidades que nos brinda la ciencia, el conocimiento y la práctica consciente de que el paciente con autismo puede evolucionar y desarrollarse dentro de sus tiempos y capacidades con menos limitaciones. Nuestro abordaje debe contemplar este tipo de herramientas como son las neuronas espejo. Claramente faltan más investigaciones que nos permitan conocer cómo estimular este sistema y que causa el autismo. Lo que sí podría ser una posibilidad para los niños con autismo en etapa infantil, es poder hacer uso de las distintas técnicas y productos que den lugar a la neuroplasticidad y de esta forma estimular el SNE y las áreas que se encuentran afectadas.

10. Referencias bibliográficas

- Almeida, N. A., y Cinta Aguaded, M., (2016). El enfoque neuropsicológico del Autismo: Reto para comprender, diagnosticar y rehabilitar desde la atención temprana. *Revista chilena de neuropsicología*, 11(2), 34-39. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=179348853007>
- André, T. G., Valdez Montero, C., Ortiz Félix, R. E., y Gámez Medina, M. E. (2020). Prevalencia del trastorno del espectro autista: una revisión de la literatura. *Revista jóvenes de ciencia*, 7, 1-7. Obtenido de <https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/3204>
- Arboccó de los Heros, M. (2015). Neurociencias, educación y salud mental. *Revista propósitos y representaciones*, 4(1), 328-344. Obtenido de <https://revistas.usil.edu.pe/index.php/pyr/article/view/92>
- Bonini, L., Rotunno, C., Arcuri E., y Gallese, V. (2022). Mirror neurons 30 years later: implications and applications. *Trends in Cognitive Sciences*. 26 (9), 767-781. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364661322001346>
- Cañete, R., López, S., & Peralta, ME (2021). KEYme: Juguete Inteligente Multifuncional para Niños con Trastorno del Espectro Autista. *Sostenibilidad*, 13 (7), 4010. MDPI AG. Obtenido de <https://doi.org/10.3390/su13074010>

Cornelio, Nieto, J. O. (2009). Autismo infantil y neuronas en espejo. *Revista de neurología*, 48(2), 27-29. Obtenido de <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/ibc-94972>

De Stefani, E., y De Marco, D. (2019). Language, Gesture, and Emotional Communication: An Embodied View of Social Interaction. *Frontiers in Psychology*, (10), 1-4. Obtenido de <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2019.02063/full>

Delgado, D. S., y Pulido, S. D. (2019). Desafíos de la Estimulación de Neuroplasticidad para el Tratamiento del Trastorno del Espectro Autista: Estado del Arte. *Innovación y desarrollo tecnológico revista digital*. Bogota D.C., Colombia. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/334098729>

Espert, R., Y Navarro, J. F. (1998). Bases biológicas del autismo infantil. II Aspectos neuropatológicos, neurofisiológicos y neuropsicológicos. *Psicología Conductual*, 6(2), 391-409. Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/55083613/bases_neuropsicologicas_neuropatologicas_del_autismo-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1650242633&Signature=M~vMapNzTgo9qSL2BI7hNtoi9hSqqgGiETd-agsabRGKUK5sNRxUnPSbqczZmBJpEpG2FqBWQlw7NowKVjDNeWzku~TVciqwsaTVspzdGVjIEIIVvGYzuBqZPjyFb5oQx9URSNzjVB7hUctm0jr2a7rBZ3nwMVTveYMjfdttWmLvpDolrxYaT2wFDrCR5vMpu9i9PdXboDQnXRLTIsUnQfSr2gtwnM21g5W1029E8aQ7P1u84BX5dggkjVc02K65-Ingny~emxmiHx~q2h4XST06NCtNAZkldtzZgaagSk-0EUSPZxifPUNvQt2EI8b7eox31LptQYWdRcSKuHTw_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

- Errante, A., y Fogassi, L. (2021). Functional Lateralization of the Mirror Neuron System in Monkey and Humans. *Symmetry*, 13(1), 77. MDPI AG. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.3390/sym13010077>
- Fernandez, I. (2011). Las neuronas espejo. Iacoboni, Marco. (2009). Reseña, 3(2), 99-104. Medellín., Antioquia. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/ejemplar/379824>
- Figuroa Cuadrado, E. (2013). 10º Congreso Argentino y 5º Latinoamericano de Educación Física y Ciencias. Neuronas espejo: un nuevo camino dentro de las neurociencias. Aportes y aplicaciones, en el área de la reeducación y la rehabilitación, (págs. 1-9). La plata. Obtenido de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/3813>
- Ferrari, F., y Rizzolatti, G. (2014). Mirror neuron research: the past and the future *Phil. Trans. R. Soc. B* 369 obtenido de <http://doi.org/10.1098/rstb.20130169>.
- García García, E. (2008). Neuropsicología y educación. De las neuronas espejo a la teoría. *Revista de psicología y educación*, 1(3), 69-90. Obtenido de <http://revistadepsicologiayeducacion.es/pdf/27.pdf>
- García García, E. (2018). La comunicación gestual. Teoría de la mente y neuronas Espejo. *Anales Ranm*, 135(2), 22-33. Obtenido de https://analesranm.es/suplemento/2018-supl/13502_supl01/13502sup01_art02
- García González, S. (2019). Bases fisiopatológicas del trastorno del espectro autista, relevancia de las neuronas espejo en su patogénesis. Trabajo de grado. Universidad de Valladolid, España. Obtenido de <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/41650>

- Gernsbacher, M. A., Morson, E. M., y Grace, E.,J.(2016). Lenguaje y habla en el autismo. *Revisión anual de lingüística* (2) 413-425. Obtenido de <https://doi.org/10.1146/annurev-linguistics-030514-124824>
- Giraldo Torres, L. R., Restrepo De Mejia, F., y Arboleda Sánchez, V. A. (2018). Trastorno del espectro autista, electroencefalografía y neuronas espejo. *Acta neurológica colombiana*, 34(3), 215-222. Obtenido de <https://doi.org/10.22379/24224022215>
- Guerra Rodríguez, M. M., Duarte Caballero, L. M., y Ariás Sifontes, J. (2021). La neuroanatomía y neurofisiología en la comprensión de los trastornos del espectro autista. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 40(1). Obtenido de <https://revibiomedica.sld.cu/index.php/ibi/article/view/727>
- Gómez, S. L., y Torres, R. M. R. (2014). El trastorno del espectro del autismo: Retos, oportunidades y necesidades. *Informes psicológicos*, 14(2), 13-31. Obtenido de <https://orcid.org/0000-0001-9519-4722>
- Hamilton. (2013) Reflecting on the mirror neuron system in autism: A systematic review of current theories. *Developmental Cognitive Neuroscience*.3, 91-105. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2012.09.008>.
- Iacoboni, M. y Dapretto, M.(2007). The mirror neuron system and the consequences of its dysfunction. *Nature Rev. Neuroscience* (7), 942-951. Obtenido de <https://doi.org/10.17979/reipe.2017.0.11.2484>
- Iacoboni, M. (2009). Las neuronas espejo: empatía, neuropolítica ,imitación, o de cómo entendemos a los otros. Buenos Aires: Katz Editores. Obtenido de https://books.google.es/books?hl=es&lr=lang_es|lang_en&id=C5RHgLTpmlwC&oi=fnd&pg=PA11&dq=Las+neuronas+espejo:+empat%C3%ADa,neuropol%C3%ADtica,imitaci%C3%B3n,+de+c%C3%B3mo+entendemos+a+los+otros.+Katz+Editores.&ots=61sAlzWyfd&sig=DVqHZQ_GyzS57j1sXqlju9SavvQ#v=onepa

[ge&q=Las%20neuronas%20espejo%3A%20empat%C3%ADa%2Cneuropol%C3%ADtica%2Cimitaci%C3%B3n%20de%20c%C3%B3mo%20entendemos%20a%20los%20otros.%20Katz%20Editores.&f=false](https://doi.org/10.22379/24224022405)

Jaramillo Arias, P., Sampedro Tobón, M. E., y Sánchez Acosta, D. (2022). Perspectiva histórica del trastorno del espectro del autismo. *Acta Neurológica colombiana*. 38(2), 91-97. obtenido de <https://doi.org/10.22379/24224022405>.

Labbé, Atenas, T., Ciampi, Diaz, E., Venegas, Bustos, J., Uribe, San Martín., R y Cárcamo, Rodríguez, C., (2019). Cognición Social: Conceptos y Bases Neurales. *Revista chilena de neuro-psiquiatría*, 57(4), 365-376. Obtenido de <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-9227201900040036>

López Gómez, S., Rivas Torres, R. M., & Taboada Ares, E. M. (2017). Sistema de neuronas en espejo y TEA: estudio bibliométrico. *Revista de Estudios e Investigación en Psicología y Educación*, (11), 106-110. Obtenido de <https://doi.org/10.17979/reipe.2017.0.11.2484>

Morales Garcia, A. I., Fernández Mora, F. J., Córdoba Roldan, A., y García De Vinuesa, A. (2018). Neurodiseño empático de productos basado en neuronas espejo para niños con trastornos generales del desarrollo. Madrid, España. Obtenido de <http://dspace.aepro.com/xmlui/handle/123456789/1629>

Palau Baduell, M., Valls Santasusana, A., y Salvado Salvado, B. (2011). Neurofisiológica, trastornos del espectro autista y ritmo mu. Una nueva perspectiva. *Revista Neurología*, 52(1), 141-146. Obtenido de <http://institutoincia.es/wp-content/uploads/2011/04/TEA-y-ritmo-muUna-nueva-perspectiva-neurofisiologica-Rev-Neurol-2011.pdf>

- Ramachandran, V. S., y Oberman, L. M. (2007). Broken mirrors: a theory of autism. *Scientific American*, 17(2), 20-29. Obtenido de https://personal.utdallas.edu/~otoole/CGS_CV_S08/R10_broken_mirror.pdf
- Rizzolatti, G., y Craighero, L. (2004). The Mirror Neuron System. *Annual review*. 27, 169-187. Obtenido de <https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.27.070203.144230>
- Rizzolatti, G., Fadiga, L., Gallese, V., y Fogassi, L. (1996). Premotor Cortex and the Recognition of Motor Actions. *Cognitive Brain Research*, 3(2), 131-141. Obtenido de <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.553.2582&rep=rep1&type=pdf>
- Ruggieri, V. L. (2013). Empatía, cognición social y trastornos del espectro autista. *Revista de neurología*, 56(1), 13-21. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4366607>
- Serrano Delgado, Daya y Pulido Castro, Sergio. (2019). Desafíos de la Estimulación de Neuroplasticidad para el Tratamiento del Trastorno del Espectro Autista: *Estado del Arte*. 11. 63-72. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/334098729_Desafios_de_la_Estimulacion_de_Neuroplasticidad_para_el_Tratamiento_del_Trastorno_del_Espectro_Autista_Estado_del_Arte
- Vegni, N., D'Ardia, C., y Torregiani, G. (2021). Empathy, Mentalization, and Theory of Mind in Borderline Personality Disorder: Possible Overlap With Autism Spectrum Disorders. *Frontiers in Psychology*. (12), 1-4 obtenido de <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2021.626353/full>

Yang, Z., An, P., Yang, J., Strojny, S., Zhang, Z., Sun, D., y Zhao, J. (2021). Designing Mobile EEG Neurofeedback Games for Children with Autism. *23rd International Conference on Mobile Human-Computer Interaction*. Association for Computing Machinery, Nueva York, NY, EE. UU., Artículo 23, 1–6. Obtenido de <https://doi.org/10.1145/3447527.3477522>