

Tecnologías inmersivas  
y medidas psicofisiológicas  
para la evaluación y  
entrenamiento de niños con  
Trastorno del Espectro Autista

**Autora**

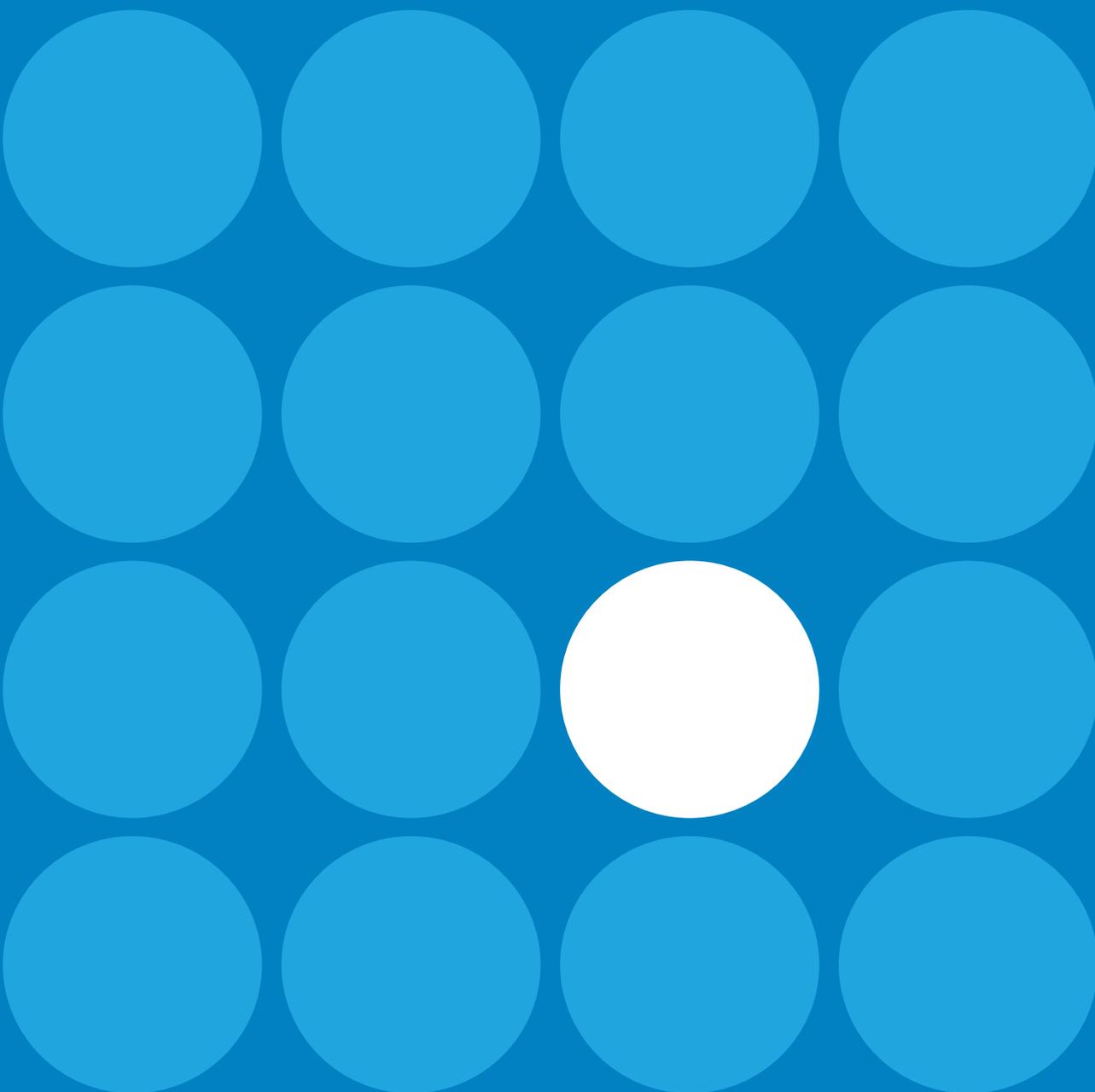
— Elena Olmos Raya

**Directores**

— D. Manuel Contero González

— Dña. Antonia Cascales Martínez

**NOVIEMBRE - 2020**







### **Agradecimientos**

Esfuerzo, pérdida, silencio, llanto y felicidad...la cronología para finalmente poder llegar.

He llegado por ti mamá, porque me enseñaste a no decaer, a pelear y a valorar el trabajo y la vida. Esas pequeñas cosas.

He llegado por papá Jara, porque me ha enseñado lo que es el amor incondicional, el apoyo sin nada a cambio, sin horas ni fechas. La sangre solo es un líquido.

He llegado por ti, Will porque me has enseñando a querer sin reservas ni evaluaciones, a ver que la vida tiene muchas perspectivas, a valorarme por lo que soy y a salir de mi para ver el mundo. Gracias por darme una nueva familia con tal generosidad y calidez. Dos compañeros en la vejez sentados en un banco.

He llegado por ti Josep, porque me haces esforzarme día a día para dar ejemplo como hermana mayor. Un bit, tu voz, tu talento. “Sempre asumint el risc de ser qui som”.

Y por ti, Isa, por querer a mi familia como si fuese la tuya propia. Soy feliz haciéndote reír. Nunca podré agradecerte tu generosidad.

He llegado por ti Pepe Raya, porque eres lo que ha dado continuidad a nuestra familia. Porque saber que solo necesitaba descolgar el teléfono me ha aportado mucha seguridad en mi vida.

He llegado por ti Chusa, hermana y amiga. Seguiremos, peharemos y nos apoyaremos cuando creemos que nuestras responsabilidades no nos dejan respirar. Y por ti Gil, 36 años juntas me saben a poco, has sido un apoyo indispensable en este proceso. Y por ti Carmen. Modelo de esfuerzo, perseverancia y valentía.

Por ti Pedro M. que me has ayudado a espantar mis demonios. Siempre será un placer un cigarro y una coca cola contigo, mientras hablamos de la vida y la muerte con esa ironía que te permite seguir avanzando.

He llegado por ti Arcadio, gracias por convertirte en el apoyo que hace unos años perdí. Gracias por seguir la estela del Tete y ayudarme a racionalizar los procesos que conlleva vivir.

He llegado por mis directores, Manolo y Toñi, quienes han estado ahí día a día confiando en mis posibilidades. Vuestra valentía y palabras llenas de cariño han sido el puntal necesario para el desarrollo de esta Tesis.

He llegado por la ayuda prestada por parte del Instituto I3B y de Red Cenit, sin ellos no hubiese tenido la posibilidad de aprender de esos niños y niñas tan maravillosos.

Y he llegado por vosotros, los que ya no estáis, porque he sido tremendamente privilegiada de poder aprender de vuestras vivencias.

No sería yo sin Josep García Richart, no sería yo sin Concha Ribes y no sería yo sin Lola Raya. Ellos me inculcaron que, quien pierde los orígenes pierde su identidad, que trabajar duro tiene su recompensa y que a veces hay que renunciar para querer bien a alguien, aunque duela.

A lo largo de toda la Tesis Doctoral se utilizará el género gramatical masculino para referirse a ambos sexos, producto de la aplicación de la ley lingüística en cuanto a economía expresiva. Tan solo cuando la oposición de sexos sea un factor relevante en el contexto se explicitarán ambos géneros.

## Resumen

El Trastorno del Espectro Autista (TEA) es una afección compleja que se encuentra dentro de los llamados Trastornos del Neurodesarrollo. Está caracterizada por la presencia de disfunciones en las interacciones sociales, en la capacidad comunicativa, pensamiento simbólico, así como, conductas estereotipadas y desregulación de carácter sensorial. Actualmente, dada su elevada prevalencia, ha despertado el interés científico para poder llevar a cabo diagnósticos más tempranos que repercutan en intervenciones más eficaces.

Hasta el momento el diagnóstico del TEA se ha venido realizando mediante baterías diagnósticas estandarizadas basadas en criterios cualitativos, por lo cual, la respuesta puede distar de la obtenida en un contexto real.

Es por ello que herramientas como la Realidad Virtual (RV), con la potencialidad de reproducir entornos con elevado grado de realismo, pueden ser un contexto válido tanto para la evaluación como para la intervención terapéutica. Se han aplicado entornos virtuales no inmersivos, dado el rechazo de la población TEA a utilizar visores RV, aunque con resultados observacionales. Dichas limitaciones pueden superarse con el uso de los llamados Entornos Virtuales Inmersivos (EVI), ya que suponen una solución tecnológica no invasiva, con mayor capacidad de inmersión y, por tanto, de generar respuestas con mayor similitud a las obtenidas en un contexto real.

Las mediciones de carácter observacional pueden superarse con mediciones fisiológicas, tales como, la actividad electrodermal (EDA), que proporciona la respuesta de la excitación corporal en forma de sudoración ante un estímulo o el *eye tracking*, el cual muestra el comportamiento ocular. Ambas suponen respuestas implícitas, inconscientes y cuantificables, que pueden ayudar a definir la afección.

Por todo ello, la presente Tesis Doctoral, compuesta de tres estudios, tiene como objetivo unir el uso de EVI, con capacidad de estimulación visual, auditiva y olfativa con medidas fisiológicas, focalizadas en la evaluación y entrenamiento del TEA, además de estudiar las relaciones entre las mismas y las baterías diagnósticas del TEA.

El Estudio nº 1 valoró la adaptación de los participantes a los dispositivos y el EVI y los niveles EDA en un contexto de respuesta al saludo. Los resultados hallaron que los sujetos TEA mostraron una tolerancia similar en el uso del EVI y del dispositivo EDA. Aumentaron sus niveles de excitación con respecto al estado de reposo *prEVI*o (Ratio), cuando intervino el sentido del olfato, no habiendo relaciones significativas con las baterías diagnósticas.

El Estudio nº 2 profundizó en los niveles EDA en un contexto de imitación total o parcial. Los resultados mostraron que los sujetos TEA mostraron una menor activación (Ratio), ante procesos de imitación total, con estimulación olfativa, no encontrando relaciones significativas con las baterías diagnósticas.

El Estudio nº 3 estudió el EDA y el comportamiento ocular en un EVI basado en un Centro Comercial. Los resultados EDA, no proporcionaron diferencias en la sesión de evaluación, pero descendieron en los sujetos TEA tras una sesión de entrenamiento. El comportamiento ocular en la sesión de evaluación discriminó entre los grupos, pero en el entrenamiento el comportamiento fue similar. Las relaciones entre dichas medidas y las baterías diagnósticas no mostraron relaciones significativas.

Como conclusión final cabe señalar que, la medida electrodermal que contó con mayor capacidad para identificar a la población TEA fue la medida Ratio. Mientras que el *EDA*, tras el entrenamiento, fue indicador de una mejora de la excitación ante situaciones de señalado, respuesta al nombre y atención conjunta, en el caso del comportamiento ocular, fue capaz de diferenciar entre los grupos únicamente en la sesión de evaluación. Finalmente, el *EDA* y el comportamiento ocular, no fueron medidas con capacidad correlacional con las baterías diagnosticas.

## Abstract

Autism Spectrum Disorder (ASD) is a complex condition that falls under the category of so-called Neurodevelopmental Disorders. It is characterized by the presence of dysfunctions in social interactions, in the communicative capacity, symbolic thinking, as well as, stereotypical behaviours and deregulation of sensorial character. Currently, given its high prevalence, it has awakened scientific interest in order to carry out earlier diagnoses that will have an impact on more effective interventions.

Until now, the diagnosis of ASD has been carried out by means of standardized diagnostic batteries based on qualitative criteria, so that the response may be far from that obtained in a real context.

Therefore, tools such as Virtual Reality (VR), with the potential to reproduce highly realistic environments, can be a valid context for both assessment and therapeutic intervention. Non-immersive virtual environments have been applied, given the refusal of the ASD population to use VR viewers, although with observational results. These limitations can be overcome with the use of so-called Immersive Virtual Environments (IVEs), since they represent a non-invasive technological solution, with a greater capacity for immersion and, therefore, for generating responses that are more similar to those obtained in a real context.

Observational measurements can be overcome with physiological measurements, such as electrodermal activity (*EDA*), which provides the body's response in the form of sweating to a stimulus, or *eye tracking*, which shows the behaviour of the eye. Both involve implicit, unconscious and quantifiable responses, which can help define the condition.

Consequently, the present Doctoral Thesis, composed of three studies, aims to unite the use of IVE, with the capacity of visual, auditory and olfactory stimulation with physiological measures, focused on the evaluation and training of ASD, as well as studying the relationships between them and the diagnostic batteries of ASD.

The Study n°1 evaluated the adaptation of the participants to the *dEVIces* and the IVE and the *EDA* levels in a context of response to the greeting. The results found that ASD subjects showed similar tolerance in the use of the IVE and *EDA dEVIce*. They increased their levels of arousal with respect to the *prEVIous* resting state (Ratio), when the sense of smell was involved, with no significant relationship with the diagnostic batteries.

Study n°2 studied in depth the *EDA* levels in a context of total or partial imitation. The results show that the ASD subjects showed a lower activation (Ratio), when facing total imitation processes, with olfactory stimulation, finding no significant relations with the diagnostic batteries.

The Study n°3 studied the *EDA* and the ocular behaviour in an IVE based in a Shopping Centre. The *EDA* results, did not provide differences in the evaluation session, but they decreased in the ASD subjects after a training session. Eye behaviour in the assessment session discriminated between the groups, but in the training the behaviour was similar. The relationships between these measures and the diagnostic batteries did not show significant relationships.

As a final conclusion, it should be pointed out that the electrodermal measure that had more capacity to identify the ASD population was the Ratio measure. While the

*EDA*, after the training, was an indicator of an improvement of the excitement in front of situations of signalling, response to the name and joint attention, in the case of the ocular behaviour, it was one able to differentiate between the groups only in the evaluation session. Finally, the *EDA* and the ocular behaviour, were not measured with correlational capacity with the diagnostic batteries.

## Resum

El Trastorn de l'Espectre Autista (TEA) és una afecció complexa que es troba dins dels anomenats Trastorns del Neurodesenvolupament. Està caracteritzada per la presència de disfuncions en les interaccions socials, en la capacitat comunicativa, pensament simbòlic, així com, conductes estereotipades i desregulació del caràcter sensorial. Actualment, donada la seua elevada prevalença, ha despertat l'interés científic per poder dur a terme diagnòstics més primerencs que deriven en intervencions més eficaces.

Fins al moment el diagnòstic del TEA s'ha realitzat mitjançant bateries diagnòstiques estandarditzades basades en criteris qualitius, és per això que la resposta pot ser diferent a l'obtinguda en un context real.

Per tant, eines com la Realitat Virtual, amb la capacitat de reproduir entorns amb un elevat grau de realisme, poden ser un context vàlid tant per a l'avaluació com per a la intervenció terapèutica. S'han aplicat entorns virtuals no immersius, donat el rebuig de la població TEA a utilitzar visors RV, malgrat que amb resultats observacionals. Dites limitacions poden superar-se amb l'ús dels anomenats Entorns Virtuals Immersius (EVI), ja que suposen una solució tecnològica no invasiva, amb major capacitat d'immersió i per tant, de generar respostes amb major similitud a les obtingudes en un context real.

Les mesures de caràcter observacional poden superar-se amb mesures fisiològiques, tals com, l'activitat electrodermal (EDA), que proporciona la resposta de l'excitació corporal en forma de sudoració enfront d'un estímul o l'*eye tracking*, el qual mostra el comportament ocular. Ambdues suposen respostes implícites, inconscients i quantificables, que poden ajudar a definir l'afecció.

Per tot això, la present Tesi Doctoral, composta de tres estudis, té com a objectiu unir l'ús d'EVI, amb capacitat d'estimulació visual, auditiva i olfactiva amb mesures fisiològiques, focalitzades en l'avaluació i entrenament del TEA, a més d'estudiar les relacions entre les mateixes i les bateries diagnòstiques del TEA.

L'Estudi nº 1 va valorar l'adaptació dels participants als dispositius i l'EVI i els nivells EDA en un context de resposta salutació. Els resultats van trobar que els subjectes TEA van mostrar una tolerància similar en l'ús d'EVI i del dispositiu EDA. Van augmentar els seus nivells d'excitació pel que fa a l'estat de repòs prEVI (Ràtio), quan va intervenir el sentit de l'olfacte, no havent-hi relacions significatives amb les bateries diagnòstiques.

L'Estudi nº 2 va aprofundir en els nivells EDA en un context d'imitació total o parcial. Els resultats mostraren que els subjectes TEA mostraren una menor activació (Ràtio), davant de processos d'imitació total, amb estimulació olfactiva, no trobant relacions significatives amb les bateries diagnòstiques.

L'Estudi nº 3 va estudiar l'EDA i el comportament ocular a un EVI basat en un Centre Comercial. Els resultats EDA, no van proporcionar diferències en la sessió d'avaluació, però van baixar en els subjectes TEA després d'una sessió d'entrenament. El comportament ocular en la sessió d'avaluació va discriminar entre els grups, però en l'entrenament el comportament va ser similar. Les relacions entre aquestes mesures i les bateries diagnòstiques no van mostrar relacions significatives.

Com a conclusió final es pot assenyalar que, la mesura electrodermal que va comptar amb major capacitat per a identificar a la població TEA fou la mesura Ràtio. Pel que

fa a l'EDA, després de l'entrenament, va ser un indicador d'una millora de l'excitació enfront de situacions d'assenyalament, resposta al nom i atenció conjunta, en el cas del comportament ocular, va ser capaç de diferenciar entre els grups únicament en la sessió d'avaluació. Finalment, l'EDA i el comportament ocular, no van ser mesures amb capacitat correlacional amb les bateries diagnòstiques.

## Publicaciones relacionadas

### Artículos en revistas

- Alcañiz Raya M., Chicchi-Giglioli I.A, Marín-Morales J., Higuera-Trujillo J. L. Olmos E., Minissi M.E., Teruel Garcia G., Sirera M., & Abad L. (2020). Application of Supervised Machine Learning for Behavioral Biomarkers of Autism Spectrum Disorder Based on Electrodermal Activity and Virtual Reality. *Frontiers in Human Neuroscience*, 14, 90.
- Alcaniz, M. L., Olmos-Raya, E., & Abad, L. (2019). Use of virtual reality for neurodevelopmental disorders. A rEVIEW of the state of the art and future agenda. *Medicina*, 79, 77-81.
- Olmos-Raya, E., Ferreira-Cavalcanti, J., Contero, M., Castellanos-Baena, M. C., Chicci-Giglioli, I. A., & Alcañiz, M. (2018). Mobile virtual reality as an educational platform: A pilot study on the impact of immersion and positive emotion induction in the learning process. *Eurasia Journal of Mathematics Science and Technology Education*, 14(6), 2045-2057.
- Raya, E. O., Andrés, M. D. E. P., García, S. G., Raya, M. A., Contero, M., & Dorta, N. M. (2015). Mejora de los niveles de atención en estudiantes participantes en un Programa de Cualificación Profesional Inicial (PCPI) mediante la combinación de técnicas de relajación y Realidad Virtual. *Comunicación y pEDAgogía: Nuevas tecnologías y recursos didácticos*, (287), 39-43.

### Capítulos de Libros

- Olmos, E., Cavalcanti, J. F., Soler, J. L., Contero, M., & Alcañiz, M. (2018). Mobile virtual reality: A promising technology to change the way we learn and teach. In *Mobile and ubiquitous learning* (pp. 95-106). Springer, Singapore.

### Participación en Congresos

- Olmos-Raya, E., Abad L., & Alcañiz Raya, M. *Uso del Eye tracking junto con un Entorno Virtual Inmersivo como métrica de clasificación del Trastorno del Espectro Autista*. XXI Congreso Internacional de Actualización en Trastornos del Neurodesarrollo (2019). Valencia, España.
- Olmos-Raya, E., Abad L., Sirera M. & Alcañiz Raya, M. *La Actividad Electrodermal como Predictor del Trastorno del Espectro Autista en un Entorno Virtual Inmersivo*. XXI Congreso Internacional de Actualización en Trastornos del Neurodesarrollo (2019). Valencia, España.
- Olmos-Raya, E., Abad L., & Alcañiz Raya, M. *T Room: Entorno Virtual Ecológico como contexto para la Evaluación cuantitativa y entrenamiento en niños con Trastorno del Espectro Autista*. XX Congreso Internacional de Actualización en Trastornos del Neurodesarrollo (2018). Valencia, España.
- Olmos-Raya, E., Abad L., & Alcañiz Raya, M. *Min Top: Empleo de Mesas Multitáctiles LowCost como Instrumento de Evaluación para los Trastornos*

*del Neurodesarrollo*. XX Congreso Internacional de Actualización en Trastornos del Neurodesarrollo (2018). Valencia, España.

- Olmos-Raya, E., Cascales, A., Higuera-Trujillo, J.L. &Alcañiz M. *Uso de la Actividad Electrodermal de la piel (EDA) junto con Entornos Virtuales Inmersivos (EVI) como medida objetiva para el diagnóstico del TEA en niños*. II Congreso Internacional de Tecnología y Turismo para todas las Personas. Accesibilidad 4.0 (2017). Málaga, España.

- Olmos-Raya, E., Cascales, A., &Alcañiz M. *Estimulación Sensorial en Entornos Virtuales Inmersivos (EVI) para niños con Trastorno del Espectro Autista*. 8º Congreso de Tecnología Educativa y Atención a la Diversidad (TecnoNEEt 2017). Murcia, España.

- Olmos-Raya, E., Gómez, S., Alcañiz, M., Contero, M., Andrés-Sebastiá, M.P., & Martín, N. *Combining Virtual Reality and Relaxation Techniques to Improve Attention Levels in Students from an Initial Vocational Qualification Program*. 10th European Conference on Technology Enhanced Learning (EC-TEL 2015). Toledo, España.

**Méritos extra:**

- Ganador Proyecto de Investigación por el Proyecto Forhhss-Tea. II Concurso de Ideas. Proyectos Uninnova. Fundación ONCE. 2017.

## Índice General

### Contenido

Resumen	6
Capítulo 1: Presentación y Justificación	23
1.1 Motivación de la Tesis	24
1.2 Contexto	25
1.3 Objetivos	26
1.4 Alcance de la investigación	26
1.5 Contribución al conocimiento	28
1.6 Aspectos éticos y metodología planteada	28
1.7 Estructura de la Tesis Doctoral	29
Capítulo 2: El Trastorno del Espectro Autista: evolución en cuanto a su definición y diagnóstico. La importancia de la intervención adaptativa temprana	32
2.1 Introducción	33
2.2 El uso de las Tecnologías en el Trastorno del Espectro Autista	37
2.2.1 Aplicación de tecnología de realidad virtual en el Trastorno del Espectro Autista	39
2.3 Mediciones Fisiológicas en el Trastorno del Espectro Autista: la actividad electrodermal y el seguimiento ocular ( <i>eye tracking</i> ).	50
2.3.1 Actividad electrodermal	51
2.3.2 Movimiento Ocular ( <i>eye tracking</i> )	62
Capítulo 3: Marco metodológico	73
3.1 Introducción	74
3.2 Objetivos	75
3.3 Diseño experimental	75
3.4 Participantes	77
3.5 Contenido Virtual	77
3.6 Técnicas de recogida de la información	79
3.7 Estructura del Sistema del <i>EVI</i>	80
3.8 Procedimiento	81
3.9 Plan de trabajo	84
Capítulo 4. Estudio nº1: Actividad electrodermal en un <i>EVI</i> basado en la respuesta al saludo	87
4.1 Introducción	88
4.2 Método	89
4.3 Análisis de Datos	99
4.4 Resultados Estudio nº1	99
4.5 Discusión	109
4.6 Conclusiones	113

Capítulo 5: Estudio nº2: Actividad electrodermal en un <i>EVI</i> de imitación total y parcial	115
5.1 Introducción	116
5.2 Método	117
5.3 Análisis de Datos	124
5.4 Resultados Estudio nº2	124
5.5 Discusión	131
5.6 Conclusiones	133
Capítulo 6: Estudio nº3: Actividad electrodermal y <i>eye tracking</i> para la evaluación y entrenamiento del Trastorno del Espectro Autista en un <i>EVI</i> de elevado valor ecológico	135
6.1 Introducción	136
6.2 Método	138
6.3 Análisis de Datos	152
6.4 Resultados Estudio nº3	152
6.5 Discusión	175
6.6 Conclusiones	180
Capítulo 7: Conclusiones, contribución al conocimiento, limitaciones y trabajo futuro	182
7.1 Introducción	183
7.2 Conclusiones	183
7.3 Contribución al conocimiento	189
7.4 Limitaciones	190
7.5 Trabajo futuro	191
Referencias	193
Anexos	214

## Lista de Figuras

Figura 2.1: Diagrama de evolución sintomatología TEA.	34
Figura 2.2: Cronología criterios diagnósticos TEA a partir del estudio del <i>American Psychiatric Association. Diagnostic and statistical manual of mental disorders</i> 1980-2013.	35
Figura 2.3: Distribución del uso software y hardware para el tratamiento y diagnóstico del TEA en 212 artículos revisados por Golestan et al. (2018).	38
Figura 2.4: Pilares de la Realidad Virtual (Slater, 2009).	40
Figura 2.5: Gráfica publicaciones científicas uso tecnológico en TEA (Golestan et al., 2018).	40
Figura 2.6: Gráfica de prevalencia del TEA (Autism Speaks, 2020).	41
Figura 2.7: Virtual Café (Parsons et al., 2004).	42
Figura 2.8: Mapa e ilustraciones ciudad virtual (Fornasari et al., 2013).	42
Figura 2.9: Uso en el ámbito TEA de los primeros visores RV (Strickland et al., 2007).	47
Figura 2.10: Modelo de dispositivo de RV en forma de casco.	47
Figura 2.11: Incorporación de la medición del giro de cabeza. (A) Monitor de video RV. (B) Posición de la cabeza del participante. (C) Monitor que proporciona imágenes al investigador (Jarrold et al., 2013.).	48
Figura 2.12: Delfinario Virtual proyectado en una CAVEs con uso de gafas de visión estereoscópica en el que los participantes interaccionaron con delfines con el fin de mejorar su gestualidad y comprender instrucciones de tareas (Cai et al., 2013, 2017).	49
Figura 2.13: Gafas de visión estereoscópica (Mundomanuales, 2009)	49
Figura 2.14: Blue Room para el tratamiento de la ansiedad en pacientes TEA haciendo para ello uso de un sistema <i>EVI</i> (Maskey et al., 2014).	50
Figura 2.15: Gráfica monitorización <i>EDA</i> , tanto en su fase <i>SCR</i> como <i>SCL</i> , durante un periodo de 1 minuto y 30 segundos (Farnsworth, 2019).	52
Figura 2.16: (a) Mapa de calor basado en el tiempo de permanencia en un punto concreto (b) Ejemplo de ruta hacia áreas que despiertan interés en el participante (Hupont, Cerezo, & Baldassarri, 2008).	62
Figura 2.17: Principales movimientos oculares registrados por el dispositivo <i>eye tracking</i> .	63
Figura 3.1: Diseño experimental Estudio nº1 y nº2.	76
Figura 3.2: Diseño experimental Estudio nº3.	76
Figura 3.3: Imagen contenido Estudio nº1.	78
Figura 3.4: Imagen contenido Estudio nº2.	78
Figura 3.5: Imagen contenido Estudio nº3.	79
Figura 3.6: Dispositivo Empática E4.	80
Figura 3.7: <i>EVI</i> .	80
Figura 3.8: Dispensador de fragancias Olorama Technology.	81
Figura 3.9: Momento de colocación en un participante de la pulsera Empática E4.	82
Figura 3.10: Ilustración colocación Empática para un correcto registro (www.empatica.com).	82
Figura 3.11: Componentes dispositivo Tobii Pro Glasses 2.	84
Figura 4.1: Diseño experimental intrasujetos.	90
Figura 4.2: Diseño experimental intersujetos.	90
Figura 4.3: Diseño experimental correlacional.	91
Figura 4.4: Ilustración para la realización de marca o tag de inicio o fin de la experiencia (www.empatica.com).	94
Figura 4.5: Condición Visual (1ª Fase).	96

Figura 4.6: Línea de Base (LB).	96
Figura 4.7: Resultado para primer análisis visual de un registro correcto (www.empatica.com).	97
Figura 4.8: Momento de colocación en un participante de la pulsera Empática E4.	98
Figura 4.9: Ilustración colocación Empática para un correcto registro (www.empatica.com).	98
Figura 4.10: Gráfica tolerancia del dispositivo <i>EDA</i> .	100
Figura 4.11: Activación <i>EDA</i> en LB con respecto a sus líneas de base en sujetos TEA.	101
Figura 4.12: Activación <i>EDA</i> en LB con respecto a sus líneas de base en sujetos DT.	101
Figura 4.13: Activación en LB grupo TEA y grupo DT a lo largo de las condiciones estimulares.	102
Figura 4.14: Activación en SCL grupo TEA a lo largo de las condiciones estimulares.	103
Figura 4.15: Activación en SCL grupo TEA y grupo DT a lo largo de las condiciones estimulares.	103
Figura 4.16: Activación en SCR grupo TEA a lo largo de las condiciones estimulares.	104
Figura 4.17: Activación en SCR grupo DT a lo largo de las condiciones estimulares.	105
Figura 4.18: Activación en SCR grupo TEA y grupo DT a lo largo de las condiciones estimulares.	105
Figura 4.19: Activación Ratio del grupo TEA a lo largo de las condiciones estimulares.	106
Figura 4.20: Activación Ratio grupo DT a lo largo de las condiciones estimulares.	107
Figura 4.21: Activación Ratio grupo DT y grupo TEA a lo largo de las condiciones estimulares.	107
Figura 5.1: Modelo Experimental Intrasujetos.	118
Figura 5.2: Modelo Experimental Intersujetos.	118
Figura 5.3: Diseño experimental correlacional.	118
Figura 5.4: Condición Visual con actividad de imitación parcial.	122
Figura 5.5: Condición Visual y Auditiva con actividad de imitación total.	123
Figura 5.6: Activación <i>EDA</i> en SCL con respecto a sus líneas de base en sujetos TEA y DT	126
Figura 5.7: Activación SCR grupo TEA a lo largo de las condiciones estimulares.	127
Figura 5.8: Activación SCR grupo DT a lo largo de las condiciones estimulares.	127
Figura 5.9: Activación SCR grupo TEA y grupo DT a lo largo de las condiciones estimulares.	128
Figura 5.10: Activación en Ratio grupo TEA a lo largo de las condiciones estimulares.	129
Figura 5.11: Activación en Ratio grupo DT a lo largo de las condiciones estimulares.	129
Figura 5.12: Activación en Ratio grupo TEA y grupo DT a lo largo de las condiciones estimulares.	130
Figura 6.1: Diseño experimental intrasujetos.	138
Figura 6.2: Diseño experimental intersujetos.	138
Figura 6.3: Participante con dispositivo de medición <i>EDA</i> , gafas de <i>eye tracking</i> y riñonera con batería del dispositivo de seguimiento ocular.	141
Figura 6.4: Pasillo Central con avatar virtual en el momento en que se presenta a los sujetos.	145

Figura 6.5: Aparición del Tren en el <i>EVI</i> .	145
Figura 6.6: Momento en el que el Tiovivo se pone en marcha y lanza pompas de jabón.	146
Figura 6.7: Estancia pasillo central con Basura llena y avatar.	146
Figura 6.8: Puerta de la Librería (Fcan) CC.	146
Figura 6.9: Línea de Base de relajación.	147
Figura 6.10: Marquesina Publicitaria en posición estática.	148
Figura 6.11: Parque Infantil.	148
Figura 6.12: Interior Sala de Cine con la proyección de la película <i>Del Revés</i> .	149
Figura 6.13: Cartón pluma para la calibración de Tobii Pro Glasses 2.	150
Figura 6.14: Interfaz software Tobii Analyzer.	152
Figura 6.15: Activación LB grupo TEA y grupo DT a lo largo de las condiciones estimulares sesión de evaluación.	153
Figura 6.16: Activación LB grupo TEA y grupo DT sesión de entrenamiento.	154
Figura 6.17: Gráfica LB grupo TEA sesión de evaluación y de entrenamiento.	154
Figura 6.18: Gráfica LB grupo DT sesión de evaluación y de entrenamiento.	155
Figura 6.19: Gráfica SCL grupo TEA y DT sesión de evaluación.	156
Figura 6.20: Gráfica SCL grupo TEA y DT sesión de entrenamiento.	157
Figura 6.21: Gráfica SCL grupo TEA sesión evaluación y entrenamiento.	158
Figura 6.22: Gráfica SCL grupo TEA sesión evaluación y entrenamiento.	158
Figura 6.23: Gráfica SCR grupo TEA y DT sesión evaluación.	160
Figura 6.24: Gráfica SCR grupo TEA y DT sesión entrenamiento.	161
Figura 6.25: Gráfica SCR grupo TEA sesión evaluación y entrenamiento.	162
Figura 6.26: Gráfica SCR grupoDT sesión evaluación y entrenamiento.	162
Figura 6.27: Gráfica Ratio grupo TEA y DT sesión evaluación.	164
Figura 6.28: Gráfica Ratio grupo TEA y DT sesión entrenamiento.	166
Figura 6.29: Gráfica Ratio grupo TEA sesión entrenamiento y entrenamiento.	166
Figura 6.30: Gráfica Ratio grupo TEA sesión entrenamiento y entrenamiento.	167
Figura 6.31: Frecuencia Fijaciones Grupo TEA y DT sesión evaluación.	168
Figura 6.32: Total de movimientos sacádicos Grupo TEA y DT sesión evaluación.	168
Figura 6.33: Frecuencia Movimientos Sacádicos Grupo TEA y DT sesión evaluación.	169
Figura 6.34: Frecuencia Movimientos Sacádicos Grupo DT y TEA sesión evaluación y entrenamiento.	169
Figura 6.35: Frecuencia Movimientos Sacádicos Grupo TEA sesión evaluación y entrenamiento.	170
Figura 6.36: Frecuencia Movimientos Sacádicos Grupo DT sesión evaluación y entrenamiento.	171
Figura 6.37: Gráfica de dispersión afectación social <i>ADOS-2</i> y <i>EVI-TEA</i> .	174
Figura 6.38: Gráfica de dispersión puntuación global <i>ADOS-2</i> y <i>EVI-TEA</i> .	175

### Índice figuras Anexos

#### Anexo D

Figura 1: Gráfica de dispersión Ratio_VA y la capacidad de interacción social <i>ADOS-2</i> .	225
Figura 2: Gráfica de dispersión Ratio_VA y el total de afectación social <i>ADOS-2</i> .	225
Figura 3: Gráfica de dispersión Ratio_VA y la puntuación global <i>ADOS-2</i> .	225

#### Anexo E

Figura 1: Gráfica de dispersión LB_VA e interacción social <i>ADI-R</i> .	227
Figura 2: Gráfica de dispersión LB_VAO e Interacción Social <i>ADI-R</i> .	227

Figura 3: Gráfica de dispersión SCR_VAO e Interacción Social <i>ADI-R</i> .	227
Figura 4: Gráfica de dispersión LB_V y comunicación social <i>ADI-R</i> .	228
Figura 5: Gráfica de dispersión LB_VA y comunicación social <i>ADI-R</i> .	228
Figura 6: Gráfica de dispersión SCR_V y comunicación social <i>ADI-R</i> .	228
Figura 7: Gráfica de dispersión SCR_VA y comunicación social <i>ADI-R</i> .	229
Figura 8: Gráfica de dispersión SCR_VAO y comunicación social <i>ADI-R</i> .	229
Figura 9: Gráfica de dispersión LB_V y patrones de conducta restringidos, repetitivos y estereotipados <i>ADI-R</i> .	229
Figura 10: Gráfica de dispersión SCR_VA y patrones de conducta restringidos, repetitivos y estereotipados <i>ADI-R</i> .	230
Figura 11: Gráfica de dispersión SCR_VA y patrones de conducta restringidos, repetitivos y estereotipados <i>ADI-R</i> .	230
Anexo F	
Figura 1: Gráfica de dispersión LB_V e índice global <i>Merrill Palmer</i> .	232
Figura 2: Gráfica de dispersión LB_VA e índice global <i>Merrill Palmer</i> .	232
Figura 3: Gráfica de dispersión SCL_V e índice global <i>Merrill Palmer</i> .	232
Figura 4: Gráfica de dispersión SCR_V e índice global <i>Merrill Palmer</i> .	233
Figura 5: Gráfica de dispersión LB_V y motricidad fina <i>Merrill Palmer</i> .	233
Figura 6: Gráfica de dispersión LB_VA y motricidad fina <i>Merrill Palmer</i> .	233
Figura 7: Gráfica de dispersión LB_VAO y motricidad fina <i>Merrill Palmer</i> .	234
Figura 8: Gráfica de dispersión SCR_V y motricidad fina <i>Merrill Palmer</i> .	234
Figura 9: Gráfica de dispersión SCR_VAO y motricidad fina <i>Merrill Palmer</i> .	234
Anexo G	
Figura 1: Gráfica de dispersión correlaciones <i>ADOS-2</i> .	236
Figura 2: Gráfica de dispersión correlaciones <i>ADI-R</i> .	236
Anexo H	
Figura 1: Gráfica de dispersión LB_V y velocidad de procesamiento <i>Merrill Palmer</i> .	238
Figura 2: Gráfica de dispersión SCL_V y velocidad de procesamiento <i>Merrill Palmer</i> .	238
Figura 3: Gráfica de dispersión SCR_V y velocidad de procesamiento <i>Merrill Palmer</i> .	238
Figura 4: Gráfica de dispersión LB_VA y velocidad de procesamiento <i>Merrill Palmer</i> .	239
Figura 5: Gráfica de dispersión SCL_VA y velocidad de procesamiento <i>Merrill Palmer</i> .	239
Anexo I	
Figura 1: Gráfica de dispersión afectación social <i>ADOS-2</i> y <i>EVI-TEA</i> .	241
Figura 2: Gráfica de dispersión puntuación global <i>ADOS-2</i> y <i>EVI-TEA</i> .	241
Anexo J	
Figura 1: Gráfica de dispersión LB1 y comportamientos repetitivos y estereotipados del <i>ADOS-2</i> .	243
Figura 2: Gráfica de dispersión PM_SCR y comportamientos repetitivos y estereotipados del <i>ADOS-2</i> .	243
Figura 3: Gráfica de dispersión PC_Ratio y puntuación global <i>ADOS-2</i> .	243
Figura 4: Gráfica de dispersión PC_Ratio y afectación social <i>ADOS-2</i> .	244
Anexo K	
Figura 1: Gráfica de dispersión LB1 y afectación social <i>EVI-TEA</i> .	246
Figura 2: Gráfica de dispersión LB2 y afectación social <i>EVI-TEA</i> .	246
Figura 3: Gráfica de dispersión LB3 y afectación social <i>EVI-TEA</i> .	246
Figura 4: Gráfica de dispersión LB4 y afectación social <i>EVI-TEA</i> .	247
Figura 5: Gráfica de dispersión LB5 y afectación social <i>EVI-TEA</i> .	247

Figura 6: Gráfica de dispersión LB1 y puntuación global <i>EVI-TEA</i> .	247
Figura 7: Gráfica de dispersión LB2 y puntuación global <i>EVI-TEA</i> .	248
Figura 8: Gráfica de dispersión LB3 y puntuación global <i>EVI-TEA</i> .	248
Figura 9: Gráfica de dispersión LB4 y puntuación global <i>EVI-TEA</i> .	248
Figura 10: Gráfica de dispersión LB5 y puntuación global <i>EVI-TEA</i> .	249
Figura 11: Gráfica de dispersión M_SCL y afectación social <i>EVI-TEA</i> .	249
Figura 12: Gráfica de dispersión SJ_SCL y afectación social <i>EVI-TEA</i> .	249
Figura 13: Gráfica de dispersión C_SCL y afectación social <i>EVI-TEA</i> .	250
Figura 14: Gráfica de dispersión PA_SCL y afectación social <i>EVI-TEA</i> .	250
Figura 15: Gráfica de dispersión T_SCL y afectación social <i>EVI-TEA</i> .	250
Figura 16: Gráfica de dispersión TV_SCL y afectación social <i>EVI-TEA</i> .	251
Figura 17: Gráfica de dispersión B_SCL y afectación social <i>EVI-TEA</i> .	251
Figura 18: Gráfica de dispersión FC_SCL y afectación social <i>EVI-TEA</i> .	251
Figura 19: Gráfica de dispersión D_SCL y afectación social <i>EVI-TEA</i> .	252
Figura 20: Gráfica de dispersión EX_SCL y afectación social <i>EVI-TEA</i> .	252
Figura 21: Gráfica de dispersión PM_SCL y afectación social <i>EVI-TEA</i> .	252
Figura 22: Gráfica de dispersión PC_SCL y afectación social <i>EVI-TEA</i> .	253
Figura 23: Gráfica de dispersión SC_SCL y afectación social <i>EVI-TEA</i> .	253
Figura 24: Gráfica de dispersión PA_SCR y afectación social <i>EVI-TEA</i> .	253
Figura 25: Gráfica de dispersión T_SCR y afectación social <i>EVI-TEA</i> .	254
Figura 26: Gráfica de dispersión TV_SCR y afectación social <i>EVI-TEA</i> .	254
Figura 27: Gráfica de dispersión FC_SCR y afectación social <i>EVI-TEA</i> .	254
Figura 28: Gráfica de dispersión D_SCR y afectación social <i>EVI-TEA</i> .	255
Figura 29: Gráfica de dispersión EX_SCR y afectación social <i>EVI-TEA</i> .	255
Figura 30: Gráfica de dispersión PM_SCR y afectación social <i>EVI-TEA</i> .	255
Figura 31: Gráfica de dispersión C_SCR y afectación social <i>EVI-TEA</i> .	256
Figura 32: Gráfica de dispersión M_SCR y afectación social <i>EVI-TEA</i> .	256
Figura 33: Gráfica de dispersión SJ_SCR y afectación social <i>EVI-TEA</i> .	256
Figura 34: Gráfica de dispersión SC_SCR y afectación social <i>EVI-TEA</i> .	257
Figura 35: Gráfica de dispersión T_SCL y puntuación global <i>EVI-TEA</i> .	257
Figura 36: Gráfica de dispersión TV_SCL y puntuación global <i>EVI-TEA</i> .	257
Figura 37: Gráfica de dispersión B_SCL y puntuación global <i>EVI-TEA</i> .	258
Figura 38: Gráfica de dispersión FC_SCL y puntuación global <i>EVI-TEA</i> .	258
Figura 39: Gráfica de dispersión D_SCL y puntuación global <i>EVI-TEA</i> .	258
Figura 40: Gráfica de dispersión EX_SCL y puntuación global <i>EVI-TEA</i> .	259
Figura 41: Gráfica de dispersión PM_SCL y puntuación global <i>EVI-TEA</i> .	259
Figura 42: Gráfica de dispersión C_SCL y puntuación global <i>EVI-TEA</i> .	259
Figura 43: Gráfica de dispersión M_SCL y puntuación global <i>EVI-TEA</i> .	260
Figura 44: Gráfica de dispersión SJ_SCL y puntuación global <i>EVI-TEA</i> .	260
Figura 45: Gráfica de dispersión PC_SCL y puntuación global <i>EVI-TEA</i> .	260
Figura 46: Gráfica de dispersión SC_SCL y puntuación global <i>EVI-TEA</i> .	261
Figura 47: Gráfica de dispersión PA_SCR y puntuación global <i>EVI-TEA</i> .	261
Figura 48: Gráfica de dispersión T_SCR y puntuación global <i>EVI-TEA</i> .	261
Figura 49: Gráfica de dispersión TV_SCR y puntuación global <i>EVI-TEA</i> .	262
Figura 50: Gráfica de dispersión B_SCR y puntuación global <i>EVI-TEA</i> .	262
Figura 51: Gráfica de dispersión FC_SCR y puntuación global <i>EVI-TEA</i> .	262
Figura 52: Gráfica de dispersión D_SCR y puntuación global <i>EVI-TEA</i> .	263
Figura 53: Gráfica de dispersión EX_SCR y puntuación global <i>EVI-TEA</i> .	263
Figura 54: Gráfica de dispersión PM_SCR y puntuación global <i>EVI-TEA</i> .	263
Figura 55: Gráfica de dispersión M_SCR y puntuación global <i>EVI-TEA</i> .	264
Figura 56: Gráfica de dispersión SJ_SCR y puntuación global <i>EVI-TEA</i> .	264
Figura 57: Gráfica de dispersión SC_SCR y puntuación global <i>EVI-TEA</i> .	264

## Lista de Tablas

Tabla 2.1: Uso de RV en TEA.	43
Tabla 2.2: Medidas electrodermales.	53
Tabla 2.3: Estudios actividad electrodermal y estimulación Auditiva.	54
Tabla 2.4: Estudios actividad electrodermal y estimulación Visual.	56
Tabla 2.5: Actividad electrodermal y estimulación Olfativa.	59
Tabla 2.6: Actividad electrodermal y procesamiento sensorial.	60
Tabla 2.7: Sintomatología TEA y actividad electrodermal.	61
Tabla 2.8: Uso de estímulos estáticos <i>eye tracking</i> .	64
Tabla 2.9: Uso de estímulos dinámicos <i>eye tracking</i> .	68
Tabla 2.10: Actividad electrodermal y <i>eye tracking</i> en TEA.	71
Tabla 3.1: Plan de trabajo 2016-2018.	85
Tabla 3.2: Plan de trabajo 2019-2020.	86
Tabla 4.1: Descripción condiciones experimentales, señal <i>EDA</i> y abreviatura.	90
Tabla 4.2: Características de la muestra Experimentación nº1.	91
Tabla 4.3: Puntuaciones de participantes diagnosticados con <i>ADOS-2</i> (n=28).	92
Tabla 4.4: Puntuaciones de participantes diagnosticados con <i>ADOS-2</i> (n=28).	93
Tabla 4.5: Puntuaciones de participantes TEA diagnosticados con Short Sensory Profile (n=25).	93
Tabla 4.6: Condiciones experimentales, estímulos presentados, abreviatura, tiempo de exposición y medidas <i>EDA</i> .	95
Tabla 4.7: Mediana y desviación estándar grupo TEA y grupo DT para la media LB en las condiciones experimentales visual, auditiva y olfativa.	101
Tabla 4.8: Mediana desviación estándar grupo TEA y grupo DT para la media SCL en las condiciones experimentales visual, auditiva y olfativa.	103
Tabla 4.9: Mediana y desviación estándar grupo TEA y grupo DT para la media SCR en las condiciones experimentales visual, auditiva y olfativa.	105
Tabla 4.10: Mediana y desviación estándar grupo TEA y grupo DT para la media Ratio en las condiciones experimentales visual, auditiva y olfativa.	107
Tabla 5.1: Condiciones Experimentales, medidas <i>EDA</i> , abreviatura y actividad a realizar.	119
Tabla 5.2: Características muestrales Estudio nº2.	120
Tabla 5.3: Número de Participantes diagnosticados con <i>ADOS-2</i> , promedio puntuaciones y desviación estándar.	120
Tabla 5.4: Número de participantes diagnosticados con <i>ADOS-2</i> , promedio puntuaciones y desviación estándar.	121
Tabla 5.5: Promedio puntuaciones, desviación estándar y número de participantes con Perfil Sensorial	121
Tabla 5.6: Cronología Estudio nº2.	122
Tabla 5.7: Mediana y desviación estándar grupo TEA y DT en las condiciones experimentales de LB y SCL.	126
Tabla 5.8: Mediana y desviación estándar grupo TEA y DT en las condiciones experimentales SCR.	127
Tabla 5.9: Mediana y desviación estándar grupo TEA y DT en las condiciones experimentales Ratio.	128
Tabla 6.1: Información muestral <i>EDA</i> Estudio nº3 sesión evaluación.	139
Tabla 6.2: Información muestral <i>EDA</i> Estudio nº3 sesión entrenamiento.	139
Tabla 6.3: Información muestral <i>eye tracking</i> Estudio nº3 en sesión evaluación.	139
Tabla 6.4: Información muestral <i>eye tracking</i> Estudio nº3 en sesión entrenamiento.	140

Tabla 6.5: Promedio puntuaciones, desviación estándar y número de participantes diagnosticados con <i>ADOS-2</i> Estudio n°3.	141
Tabla 6.6: Promedio puntuaciones, desviación estándar y número de participantes diagnosticados con <i>ADOS-2</i> Estudio n°3.	141
Tabla 6.7: Módulos y criterios de aplicación <i>ADOS-2</i> (Lord et al., 2015).	142
Tabla 6.8: Promedio puntuaciones, desviación estándar y número de participantes valorados con <i>EVI-TEA</i> .	142
Tabla 6.9: Estancias virtuales, conductas a evaluar mediante <i>EVI-TEA</i> y correspondencia con la batería diagnóstica <i>ADOS-2</i> .	143
Tabla 6.10: Resumen cronología Estudio n°3.	144
Tabla 6.11: Discurso del avatar por estancia.	150
Tabla 6.12: Mediana y desviación estándar grupo TEA y DT en las condiciones experimentales de LB sesión de evaluación.	153
Tabla 6.13: Mediana y desviación estándar grupo TEA y DT en las condiciones experimentales de LB sesión de evaluación y entrenamiento.	155
Tabla 6.14: Mediana y desviación estándar grupo TEA y DT en las condiciones experimentales SCL sesión de evaluación.	156
Tabla 6.15: Mediana y desviación estándar grupo TEA y DT en las condiciones experimentales SCL sesión de evaluación y enteramiento.	159
Tabla 6.16: Mediana y desviación estándar grupo TEA y DT en las condiciones experimentales SCR sesión de evaluación.	160
Tabla 6.17: Mediana y desviación estándar grupo TEA y DT en las condiciones experimentales SCR sesión de evaluación y enteramiento.	163
Tabla 6.18: Mediana y desviación estándar grupo TEA y DT en las condiciones experimentales Ratio sesión de evaluación y entrenamiento.	165
Tabla 6.19: Mediana y desviación estándar medidas <i>eye tracking</i> sesión de evaluación.	168
Tabla 6.20: Mediana y desviación estándar medidas <i>eye tracking</i> sesión de evaluación y entrenamiento.	171
Tabla 6.21: Correlaciones actividad electrodermal y <i>EVI-TEA</i> .	173

# CAPÍTULO 1

## PRESENTACIÓN Y JUSTIFICACIÓN



### 1.1 Motivación de la Tesis

El Trastorno del Espectro Autista (TEA) es una afección de carácter complejo (Georgiades et al., 2013), cuya definición ha ido variando y se ha ido perfilando a lo largo del tiempo a medida que los conocimientos sobre la misma se han ido ampliando. Actualmente, y después de décadas de estudios, se ha llegado a un consenso científico en cuanto al núcleo sintomatológico del TEA, centrándolo principalmente en la disfunción en cuanto a las interacciones sociales, la capacidad comunicativa, la imaginación y la presencia de conductas o comportamientos repetitivos o estereotipados (Wing & Gould, 1979). A ello, cabe añadir que, la presencia de una desregulación de los canales sensoriales, también se contempla actualmente como indicador del TEA (Neill & Jones, 1997). Aunque las causas concretas aún son desconocidas, los estudios apuntan a factores de carácter neurobiológico, genético, molecular o ambiental (Sahin & Sur, 2015), habiendo un acuerdo en cuanto a la presencia de factores múltiples (Akshoomoff et al., 2002).

En cuanto al número de casos, la prevalencia del TEA se sitúa en torno al 1,5% de la población infantil y adulta en el mundo (Loth, Charman, Mason, et al., 2017), existiendo un valor medio de afectados en Europa situado en 61.9/10000 (Elsabbagh, Mercure, Hudry, Chandler, Pasco, Charman, Pickles, Baron-Cohen, Bolton & Johnson, 2012). A pesar de las elevadas cifras, la ciencia no ha logrado proporcionar diagnósticos robustos de carácter cuantitativo, ni tratamientos eficaces que dejen de lado los criterios observacionales terapéuticos, que sean capaces de hacer intervenciones adaptativas a las necesidades de cada sujeto. Existen, no obstante, tímidas aproximaciones que han investigado el uso de biomarcadores fisiológicos con posibilidades de definir cuantitativamente el TEA (Del Valle Rubido, McCracken, Hollander, Shic, Noeideke, Boak, Khwaja, Sadikhov, Fontoura & Umbricht, 2018).

Hasta la fecha las herramientas diagnósticas empleadas, a pesar de su elevada validez científica, no han ido más allá del uso de la información observacional proporcionada tanto por los sujetos como por su entorno inmediato. Así pues, baterías diagnósticas tales como la Escala de Observación Clínica Estructurada para el Diagnóstico del Autismo (*ADOS-2*) (Lord et al., 2015; 2015), la Entrevista para el Diagnóstico del Autismo *REVISada* (*ADI-R*) o la Escala de Desarrollo *Merrill-Palmer*, están sujetas a la calificación cualitativa reportada por el terapeuta en un contexto evaluador no controlado, y con poca validez ecológica, en el cual las respuestas pueden haber sido aprendidas previamente (Francis, 2005). En ellas, la reacción proporcionada, es muy dispar a la que proporcionarían en un contexto real (Gillberg & Rasmussen, 1994), además de ser baterías diagnósticas que no atienden a las necesidades específicas de la población TEA, no respondiendo a un modelo de diagnóstico adaptativo.

Por este motivo, una aportación de especial relevancia para la investigación en cuanto al diagnóstico del TEA y a su intervención, debe centrarse en las llamadas medidas fisiológicas de carácter cuantitativo o implícito, las cuales pueden darnos información sobre las respuestas personales de cada sujeto ante una determinada condición estimular. Se trata de una respuesta que se encuentra fuera de la capacidad de control consciente de los seres humanos. Su estudio es lo que en el futuro puede derivar en marcadores fisiológicos, capaces de superar las limitaciones existentes en las baterías diagnósticas tradicionales (Lieberman, 2010).

Las mediciones de carácter implícito más estudiadas en el campo científico del TEA han sido los patrones de comportamiento electrodérmicos y registro de comportamiento ocular. Respecto a la actividad electrodermal (*EDA*), hallamos un amplio trabajo en

población TEA, pero en contextos reales y sin consenso científico de cuál de las medidas proporcionadas por la misma puede ser más efectiva a la hora de evaluar la afección o de demostrar una eficacia tras la intervención (Lydon, Healy, Reed, Mulhern, Hughes & Goodwin, 2014). Resultados más robustos ha proporcionado el comportamiento ocular de pacientes diagnosticados con TEA, donde se han hallado predictores de la afección, basándose en la duración de las fijaciones oculares en situaciones sociales (Klin et al., 2002), pero siempre en contextos tecnológicos basados en pantalla de computadora. En ambos entornos, se produce una pérdida del control experimental a nivel estimular, además de no tratarse de ambientes ecológicos similares a la realidad circundante (Loomis et al., 1999), que es donde obtendríamos la respuesta real de sujetos TEA ante un determinado estímulo.

Tecnología como es la RV, es la que puede superar dichas limitaciones, ya que permite al participante interaccionar de forma natural con un mundo artificial, pero indistinguible de la realidad física, obteniendo respuestas de elevada validez ecológica. Además, permite al terapeuta tener un control de los canales sensoriales a estimular, adaptándolos a las necesidades de cada niño o niña en el momento de la intervención (Loomis et al., 1999). Es, por tanto, una herramienta a implementar en la evaluación y entrenamiento del TEA, cuya elevada carga visual lo convierte en un contexto atractivo para la población que nos ocupa (Parsons, Beardo, Neale, Reynard, Eastgate, Wilson, Cobb, Benford, Mitchell & Hopkins, 2000).

La aplicación de la RV en el ámbito del TEA cuenta con una vasta investigación científica, pero en su mayoría, se ha centrado en la intervención terapéutica, ya sea en la mejora de habilidades de la vida diaria (D. Strickland, 1997), sociales (Parsons, Mitchell & Leonard, 2004), emocionales (Bekele, Crittendon, Zheng, Swanson, Weitlauf, Warren & Sarkar, 2014), atencionales (Perhakaran, Yusof, Rusli, Yusoff, Mahidin, Mahalil & Zainuddin, 2015) o comunicativas (Cai et al., 2013), dejando de lado la evaluación de la afectación (Mesa-Gresa, Gil-Gómez, Lozano-Quilis & Gil-Gómez, 2018). A ello, cabe añadir, que la producción científica hasta la fecha, ha hecho uso de la denominada RV *Desktop* y no ha conjugado el uso de RV inmersiva con medidas de carácter fisiológico, lo que supone una brecha a nivel científico que hay que empezar a abordar (Duffield, Parsons, Landry, Karam, Otero, Mastel & Hall, 2018).

Por ello, el objetivo central de la presente Tesis es aportar una investigación que profundice en el uso de Entornos Virtuales de carácter Inmersivo (*EVI*) con capacidad de estimulación visual, auditiva y olfativa que, conjuntamente con la orquestación de variables psicofisiológicas como son la actividad electrodermal y el comportamiento ocular, *puEDA* relacionarse con la sintomatología nuclear del TEA, contribuyendo a la obtención de medidas diagnósticas basadas en la respuesta implícita del paciente, además de servir como indicadores de la eficacia de la intervención dentro de *EVI*.

## 1.2 Contexto

La presente tesis doctoral se desarrolló en el marco del proyecto de Investigación *T Room*: Evaluación y entrenamiento del Trastorno del Espectro Autista mediante entornos virtuales inmersivos. Dicho proyecto fue concedido por el Centro de Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI, EXP-00102752 / IDI-20170912) al Instituto de Investigación e Innovación en Bioingeniería (i3B) de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV) en colaboración con el Centro de Desarrollo Cognitivo CEDECO Red Cenit.

El objetivo general fue la aplicación de tecnologías en el marco de los denominados trastornos del neurodesarrollo, ya sea TEA o Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH), introduciendo un entorno virtual inmersivo (*EVI*) y tecnologías de medición fisiológicas (seguimiento ocular, actividad electrodérmica y registro de movimiento), analizando en el presente trabajo las mediciones vinculadas a la actividad electrodermal y el comportamiento ocular a lo largo de la experiencia inmersiva.

### **1.3 Objetivos**

El Objetivo General de la presente Tesis Doctoral, es comprobar si medidas fisiológicas como la actividad electrodermal y el comportamiento ocular dentro de contextos virtuales, son mediciones capaces de clasificar población TEA y con desarrollo típico, estudiando si tienen capacidad diagnóstica y de entrenamiento.

Dicho objetivo general puede detallarse de forma sintética en los siguientes objetivos específicos.

1. Analizar el grado de adaptabilidad de los sujetos ante la exposición a un *EVI* y a la colocación del dispositivo de medición de la actividad electrodermal.
2. Valorar en un contexto virtual de respuesta al saludo e imitación tal y parcial, con estimulación tanto visual, como auditiva y olfativa, la respuesta de los sujetos TEA y con desarrollo típico
3. Estudiar si la excitación frente a estímulos visuales, auditivos y olfativos y con tareas de respuesta al saludo e imitación total y parcial, tienen relación con las puntuaciones de las baterías diagnósticas.
4. Constatar las variaciones, en cuanto a la excitación y movimiento ocular, en la población TEA y normotípica en una sesión de evaluación, con tareas basadas en la batería diagnóstica ADOS-2 y explorar si existen variaciones tras una sesión de entrenamiento.
5. Examinar las relaciones entre las baterías diagnósticas empleadas para la evaluación de TEA y las medidas electrodermales y de comportamiento ocular obtenidas en un contexto virtual de elevada validez ecológica.

### **1.4 Alcance de la investigación**

La aplicación de la RV dentro del campo de investigación de TEA ha sido ampliamente estudiada en lo que respecta a su uso como contexto de entrenamiento. Se trata de un tema amplio que podemos subdividirlo en: habilidades trabajadas haciendo uso de la tecnología virtual y aplicación de fisiológicas para hallar patrones cualitativos capaces de discriminar participantes con diagnóstico TEA.

En estas dos áreas, el contenido de la presente tesis doctoral se ha determinado siguiendo los siguientes criterios:

- RV

La tecnología virtual se presentó desde los años 90 como una herramienta utilizada dentro del campo de estudio del TEA (Golestan, Soleiman & Moradi, 2018), ya que, con ella, se podía reproducir el mundo real, obteniendo en los usuarios una respuesta similar a la que obtendríamos en el mundo físico (Slater & Usoh, 1994). Con ella, podríamos

estudiar el comportamiento dentro de un entorno seguro y replicable, que podría derivar en una evaluación del sujeto TEA más acorde a las dificultades que éste puede presentar en la vida diaria.

El uso de la RV en el ámbito TEA va intrínsecamente unido a la evolución de los dispositivos, dado el rechazo de los sujetos a colocarse visores. Por ello, el grueso de la investigación científica se ha focalizado en emplear la denominada RV *Desktop*, la cual hace uso de gráficos de elevada calidad, pero reproducidos en pantallas de PC, interaccionando con el entorno mediante elementos externos tales como ratón, teclado o joystick.

Con el avance tecnológico, aparecieron los llamados *CAVEs* (*Cave Automatic Virtual Environment*), salas inmersivas donde se proyectaban entornos en sus paredes de elevada calidad gráfica. En ellas, las respuestas de los sujetos eran más próximas a las del mundo real, dado que podían, mediante el uso de gafas de estereoscopia, interaccionar con el entorno (Blascovich, Loomis, Beall, Swinth, Hoyt & Bailenson, 2002). Pero su inconveniente, además del elevado coste económico, es el mismo que en los visores RV, el rechazo por parte de los sujetos a utilizar las gafas de visión estereoscópica.

La evolución de los *CAVEs*, derivó en los denominados *EVI*. En ellos, los gráficos se proyectaban sobre las paredes, pero sin posibilidad de interacción con el entorno. Esto supuso una pérdida de inmersión del usuario, pero permitió suprimir las gafas estereoscópicas, ganando así en ergonomía.

Con independencia del soporte tecnológico utilizado, la literatura ha concluido en que se trata de herramientas validadas para el entrenamiento de las áreas afectadas en el TEA, pero no contemplan esta tecnología como un método de evaluación de la afección de forma cuantitativa (Parsons, 2016).

A nivel tecnológico, nos centramos en el uso de un *EVI*, dado que era el que mejor se ajustaba a las necesidades de los sujetos TEA a nivel ergonómico. Mediante su contenido nos centramos en déficits asociados al TEA como, la respuesta al saludo y la imitación, así como su exposición a un entorno como fue un centro comercial de elevada validez ecológica.

- Medidas fisiológicas

Por el contrario, a lo que sucede en la investigación con RV, el uso de medidas fisiológicas, como la actividad electrodermal o el *eye tracking*, se han focalizado en hallar patrones de comportamiento característicos del TEA, con resultados heterogéneos (Lydon et al., 2014; Papagiannopoulou, Chitty, Hermens & Lagopoulos, 2014).

La literatura en cuanto a dichas medidas, no ha incidido en si pueden proporcionar información sobre la efectividad de un entrenamiento o intervención, centrándose en la obtención de posibles patrones diagnósticos.

Además, el medio de estimulación empleado fueron contextos reales o imágenes o vídeos reproducidos en PC, por lo que se produce una pérdida de inmersión y de validez ecológica. Con el uso de un *EVI*, se superarían dichas limitaciones, lo que nos permitiría estudiar el comportamiento TEA en un contexto muy similar al real, conjugando mediciones electrodermales y aquellas obtenidas por el *eye tracking*.

### **1.5 Contribución al conocimiento**

El estudio del TEA ha recibido cada vez un mayor interés por parte de la comunidad científica. Dicha motivación, viene en parte dada por una mayor prevalencia de la misma, que hace que sea necesario el desarrollo de proyectos de investigación capaces de aportar mayor información sobre la validez de los tratamientos y sobre el diagnóstico.

Hasta la fecha, las evaluaciones realizadas para un diagnóstico TEA se llevan a cabo mediante baterías diagnósticas validadas y desarrolladas en contextos reales. Sus conclusiones se basan en valoraciones cuantitativas, ya sea de las familias como de los terapeutas especializados.

Del mismo modo, las intervenciones que se realizan, basan sus resultados en estrategias de carácter observacional y se llevan a término en contextos reales estructurados, por lo que desconocemos si la misma intervención en un contexto real obtendría los mismos resultados.

A partir de dichas limitaciones observadas en la práctica clínica de sujetos con TEA, la presente investigación plantea el estudio de cómo la tecnología virtual en conjunción con mediciones cuantitativas, tales como la actividad electrodermal y el *eye tracking*, pueden proporcionar información cuantitativa tanto de las características sintomatológicas asociadas al TEA, como en la evolución de los sujetos ante un entrenamiento dentro de un *EVI*.

La conjunción de RV y de mediciones implícita o cualitativas, nos permitirá estudiar dichas respuestas en un contexto de elevada validez ecológica, es decir, lo más fiel posible al mundo que nos rodea, integrando además del canal sensorial visual, el auditivo y olfativo, para una mayor verosimilitud del contexto estimular.

Con ello, concluiremos que medida fisiológica y que contexto virtual es capaz de proporcionar mayor información sobre el TEA y si existe un reflejo de la efectividad del entrenamiento dentro de un *EVI* que quede reflejada en el comportamiento electrodermal o el *eye tracking*.

### **1.6 Aspectos éticos y metodología planteada**

La investigación descrita en el presente documento se encuentra de acuerdo con “los principios éticos básicos” sobre los que se sustenta la experimentación con seres humanos y que se encuentran basados en criterios de respeto a las personas, de beneficencia y de justicia, tal como queda recogido en el Informe Belmont.

En el caso de nuestros participantes, ya fueran sujetos TEA o con desarrollo típico, al tratarse de menores de edad, fueron las familias quienes, mediante consentimiento informado, autorizaron la participación en las pruebas de forma voluntaria y contando con la información adecuada de los objetivos, dispositivos a emplear y procedimiento de la investigación, no violando de ese modo el principio fundamental de autonomía.

En cuanto al principio de beneficencia, el investigador trató a los participantes de forma ética, velando por el bienestar de los mismos, respetando en todo momento el rechazo a permanecer en las pruebas y la decisión de no continuar con las mismas.

Con el fin de respetar los principios de justicia hacia aquellas personas que podían beneficiarse de la investigación, se dio cabida en las pruebas experimentales a todas

aquellas familias cuyos hijos estaban dentro de un rango de *EDAD* de entre 3 y 7 años en el caso de niños con desarrollo típico y en el caso de la población TEA, todos aquellos que contaban con un diagnóstico firme realizado por un profesional.

Para respetar dichos principios éticos, se facilitó un consentimiento informado, donde se especificaron los beneficios y riesgos de las pruebas previamente a la realización de las mismas, seleccionando a los sujetos de forma ecuánime, pero a la par beneficiosa para los resultados de la investigación.

Globalmente podemos afirmar que la metodología a seguir se dividió en dos etapas principales: definición del problema a investigar, a través de la revisión de la literatura y resultados, en los cuales se validaron las hipótesis.

La revisión de la literatura se centró en tres ámbitos: el uso de la RV en el ámbito de investigación de TEA (evaluación y entrenamiento) y el tipo de dispositivo utilizado, el cual afecta a la inmersión del usuario, teniendo muy presente las características de la afección en cuanto al uso. Por otra parte, analizamos los estudios que utilizaron mediciones electrodermal con estimulación de carácter sensorial y las relaciones de la medida con el diagnóstico TEA. Finalmente, se profundizó en el uso del *eye tracking*, estudiando las diferencias en cuanto al tipo de estímulo presentado (estático o en movimiento), estudiando en profundidad si se ha considerado una medida predictora de la afección.

El grueso de la investigación se sustenta en una metodología de carácter experimental, la cual será desarrollada a partir de los datos fisiológicos obtenidos en los tres estudios llevados a cabo. El objetivo fue valorar si dichas métricas son capaces de discriminar sujetos TEA y normotípicos y de relacionarse con información de carácter cualitativo proporcionada por los cuestionarios diagnósticos de la afección que nos ocupa.

Todos los estudios se llevaron a cabo en un ámbito dedicado a la intervención y tratamiento de personas con TEA. Los resultados obtenidos se utilizaron para profundizar en el uso de dispositivos de medición fisiológica dentro de un *EVI*, como contextos ergonómicos para las personas TEA (Estudio nº1). Además, se evaluó la capacidad de diferenciar las respuestas entre personas TEA y normotípicos en entornos de respuesta al saludo (Estudio nº1), imitaciones (Estudio nº2) o en contextos virtuales con elevada carga social y sensorial (visual, auditiva y olfativa) (Estudio nº3). Finalmente, se analizó la posible relación entre las respuestas fisiológicas con las mediciones cuantitativas proporcionadas por las baterías diagnósticas tradicionales.

Los resultados obtenidos en los tres estudios experimentales se emplearán para asentar las bases de la posible efectividad para la evaluación e intervención en personas TEA por medio de *EVI* y mediciones fisiológicas, de modo que, futuras investigaciones, puedan tomar nuestros resultados como punto de partida.

### **1.7 Estructura de la Tesis Doctoral**

El presente documento se estructura en los siguientes capítulos:

#### **Capítulo 1**

Comienza con la introducción y la descripción de las motivaciones esenciales que han guiado el desarrollo de la presente Tesis Doctoral, así como la definición de los objetivos. Contiene el alcance de la investigación, además de la contribución al

conocimiento y los aspectos éticos y metodológicos seguidos en el trabajo realizado. Finalmente, aporta la estructura del documento en cuanto al contenido de cada uno de los capítulos que lo conforman.

## **Capítulo 2**

Este capítulo estudia la complejidad de hallar una definición del TEA, así como su evolución, siendo todavía una afección viva en cuanto a sintomatología y grados de afectación. Profundiza en la brecha existente en cuanto a la capacidad de diagnóstico individualizado, haciendo uso de la tecnología. El capítulo prosigue con el estudio de los modelos diagnósticos tradicionales de carácter cualitativo. A continuación, realiza una revisión de la literatura de las diferentes iniciativas de carácter tecnológico (TIC) centradas en el diagnóstico del TEA y una revisión del uso de la RV para el entrenamiento de habilidades. El capítulo finaliza con el estudio de las publicaciones científicas que concretan qué medidas proporcionadas por la actividad electrodermal y el comportamiento ocular, tienen una mayor consistencia a la hora de diagnosticar el TEA y si cuentan con la capacidad para aseverar que reflejan mejoría terapéutica de los sujetos.

## **Capítulo 3**

El Capítulo 3, se centra en concretar el marco metodológico empleado en las tres investigaciones que conforman la presente Tesis Doctoral, así como en la concreción de los objetivos, diseño experimental y características de los participantes. A continuación, realiza una breve descripción de los tres entornos virtuales empleados. Finaliza con el plan de trabajo diseñado para la consecución de los objetivos planteados en la presente investigación.

## **Capítulo 4**

El presente capítulo corresponde con el Estudio nº1, el cual tiene como objetivo general analizar la respuesta de los sujetos en las distintas medidas electrodermales ante la introducción paulatina del canal visual, auditivo y olfativo en un contexto virtual de respuesta al saludo. Además de determinar las relaciones entre dicha medida y los cuestionarios de evaluación empleados para el diagnóstico de los sujetos TEA.

## **Capítulo 5**

El Capítulo 5 corresponde con el Estudio nº2, que estudia el comportamiento electrodermal (*EDA*) ante un contexto de imitación total y parcial en el que se van introduciendo canales sensoriales (visual, auditivo y olfativo). También profundiza en las posibles relaciones entre dichas medidas y las baterías diagnósticas *ADOS-2* y *ADI-R*, así como la escala de desarrollo *Merrill Palmer* y el perfil sensorial *Short Sensory Profile*.

## **Capítulo 6**

Dicho capítulo corresponde con el Estudio nº3, el cual profundiza en los patrones de excitación y de comportamiento ocular en un entorno virtual inmersivo de elevada validez ecológica. En él se valora si el comportamiento fisiológico durante una sesión de evaluación cuenta con capacidad diagnóstica y si el entrenamiento, puede contemplarse como un indicador de una mejoría en las tareas introducidas en el entorno. Estudia las relaciones entre las puntuaciones obtenidas por los sujetos en un cuestionario realizado

*ad-hoc*, específicamente diseñado para los estímulos del *EVI* y las medidas fisiológicas. Además, analiza las relaciones entre las baterías diagnósticas y las medidas electrodermales y de comportamiento ocular.

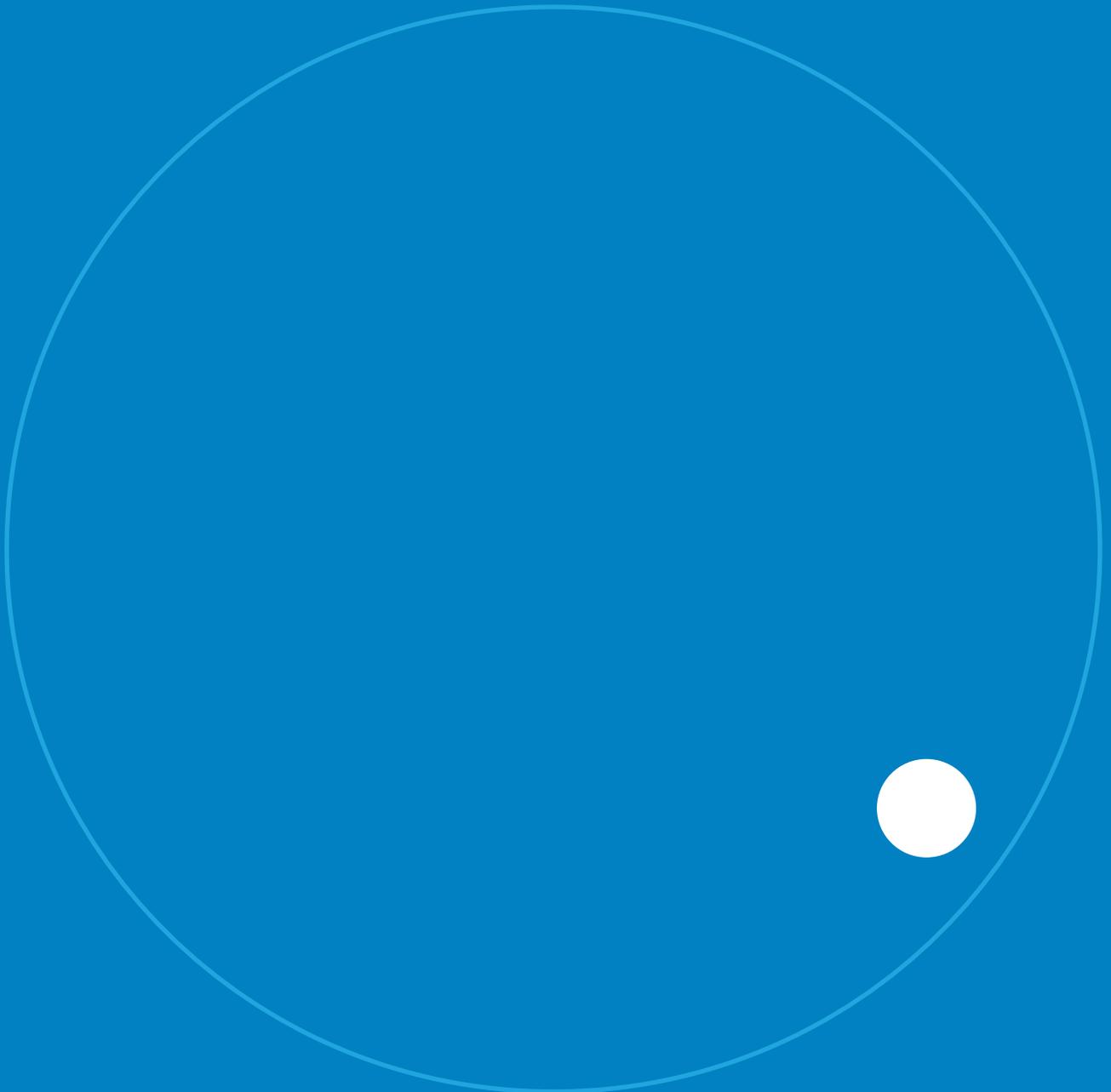
## **Capítulo 7**

Este apartado presenta el resumen de los logros obtenidos en los estudios planteados. Profundiza en cómo los hallazgos contribuyen a un mayor conocimiento del TEA y su diagnóstico, y en cómo su respuesta fisiológica, es una medida diferencial con sus pares normotípicos. A continuación, plasma las conclusiones obtenidas y las líneas de trabajo futuro.

Para alcanzar los objetivos planteados en cada uno de los capítulos que componen esta investigación, se diseñó un plan de trabajo que debía desarrollarse entre los años 2016 y 2020. Dicho plan se inició con el planteamiento del problema y objetivos de la investigación, estudio del marco teórico y de la literatura, definición de la metodología y desarrollo de los tres estudios experimentales con su correspondiente análisis de resultados y redacción de discusión y conclusiones.

# CAPÍTULO 2

EL TRASTORNO DEL ESPECTRO AUTISTA: EVOLUCIÓN EN CUANTO A SU DEFINICIÓN Y DIAGNÓSTICO. LA IMPORTANCIA DE LA INTERVENCIÓN ADAPTATIVA TEMPRANA.



## 2.1 Introducción

El TEA, es una afección en continua evolución, de la cual todavía queda oculto su origen y parte de su naturaleza (Rivière, 2001), a pesar de los esfuerzos de la comunidad científica por establecer una definición sintomatológica que abarque al conjunto de dicha población. Profundizar en ello, es un tema urgente en la sociedad actual, ya que puede suponer un paso adelante en el conocimiento sintomatológico específico del síndrome, que derivaría en diagnósticos más precisos y en tratamientos con mayor adaptabilidad a las características específicas de cada sujeto. No en vano, tal como afirmó Tuchman (2013), no existe el TEA, sino que existen pacientes con TEA, afirmación que resume la heterogeneidad, complejidad y necesidad de estudios más exhaustivos para conocer la afección.

La primera de las dificultades a las que debe de hacer frente una familia y un niño con sospecha de TEA, es la de obtener un diagnóstico cerrado, a partir del cual pu<sup>ED</sup>Ad comenzar una terapia de intervención que esté diseñada específicamente para las necesidades del infante en cuestión. A ello, cabe añadir, la dificultad para delimitar un diagnóstico, la cual está presente desde las primeras publicaciones sobre al espectro del autismo (Brauner & Brauner, 1986; Kanner, 1943; Lane, 1977). Como se puede ver en la figura 2.1 las fuentes primarias de estudio intentaron cerrar un núcleo de síntomas que fuesen comunes y de carácter definitorio, concluyendo que, entre los mismos, se hallaba tanto la falta de interacción con sus pares, como la presencia de comportamientos de carácter obsesivo (Bleuler, 1919; Haslam, 1809). Pero a medida que avanzaban los estudios, el abanico se fue ampliando con: la presencia de un retraso en el desarrollo del lenguaje, presencia de conductas de carácter obsesivo y rigidez ante los cambios en las rutinas diarias, además de concluir que existían grados de afectación que dependían de cada paciente (Kanner, 1943).

A partir de ese momento, se comenzó a esbozar la sintomatología nuclear del TEA, pero asociándolo con otras afecciones tales como, la esquizofrenia o discapacidad intelectual (Haslam, 1809; Wolff, 2004), como sucedió hasta finales de los años 70, cuando se procedía a su diagnóstico bajo la categoría de *esquizofrenia de tipo infantil* (American Psychiatric Association, 1952; American Psychiatric Association, 1968). En el mismo lapso de tiempo, las investigaciones proseguían y aparecieron las primeras afirmaciones que apuntaban hacia la influencia genética, relacionando la presencia del autismo con antecedentes familiares y desvinculándolo de la esquizofrenia (Folstein & Rutter, 1977). Es a partir de ese momento cuando, para la realización de un diagnóstico, empezaron a ganar importancia el estudio médico y neurológico y la situación psicosocial, además de establecer límites de *EDAd* en cuanto a la presencia de los síntomas (iniciarse antes de los 30 meses y cuya presencia debía de aparecer antes de los 5 años) (Rutter, 1978; Volkmar & Mcpartland, 2014).

El curso de la investigación estableció la necesidad de contemplar otras manifestaciones tales como, la hiper o hipo reactividad ante los estímulos cotidianos (Spitzer, Endicott & Robins, 1978) y la importancia del estudio del coeficiente intelectual (CI) (Rutter, 1978; Volkmar & Mcpartland, 2014). Con esta reformulación, comenzó a plantearse un enfoque diagnóstico desde diversos ejes, si bien, todavía no se establecían subdivisiones de la afección (Spitzer et al., 1978), que concretaran grados de afectación, ni se evaluaban la percepción sensorial.

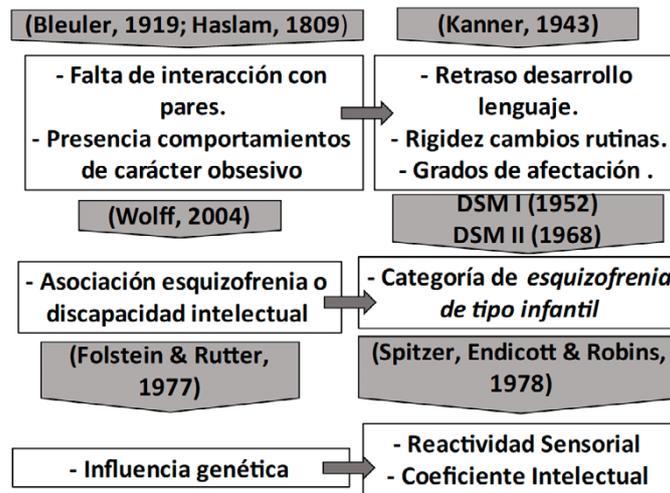


Figura 2.1: Diagrama de evolución sintomatología TEA.

La figura 2.2, nos resume cómo fueron evolucionando los criterios diagnósticos desde los años 80, con la aparición del *American Psychiatric Association (1980)* hasta el año 2013 con el *Diagnostic and statistical manual of mental disorders (5a. ed)*. En la edición de los años 80, se establecen las primeras subdivisiones: autismo infantil, trastorno generalizado del desarrollo al inicio de la infancia y el desorden generalizado atípico del desarrollo (*American Psychiatric Association, 1980*). Esta clasificación fue reformulada en la revisión del manual en el año 1987 (*DSM III-R*), retirando el término desorden generalizado atípico del desarrollo, cambiando la terminología a trastorno autista e incluyendo dentro del trastorno generalizado del desarrollo, trastornos que no fueran autistas (*American Psychiatric Association, 1987*), aunque sin definir todavía grados de severidad (*Volkmar et al., 1986*). A pesar de las limitaciones, el manual se estructuró en torno de la llamada tríada de *Wing & Gould (1979)*, por la cual se establecieron 16 criterios alrededor de los tres ejes principales deteriorados (relaciones sociales, capacidad de comunicación e imaginación y presencia de comportamientos repetitivos y estereotipados), facilitando el hallazgo de una sintomatología común a pesar de las comorbilidades que podían presentar (*Wing & Gould, 1979*). Además, se introdujo la llamada *Teoría de la Mente*, entendida como la capacidad de imputar estados mentales a uno mismo y a otros. Con ella, el sujeto es capaz de realizar inferencias sobre sus creencias y predecir lo que harán sus pares (*Premack & Woodruff, 1978*), teniendo esto relación con el deterioro que presentan a nivel social, pero siendo independiente al coeficiente intelectual (*Baron-Cohen, Leslie & Frith, 1985*).

Tomando como punto de partida la capacidad intelectual, una de las grandes aportaciones de los manuales posteriores, *American Psychiatric Association (1994)* y *Diagnostic and statistical manual of mental disorders (4a. ed)*, *American Psychiatric Association (1998)* y *Diagnostic and statistical manual of mental disorders (4a. ed. revisada)*, *American Psychiatric Association (2013)* y *Diagnostic and statistical manual of mental disorders (5a. ed)*, fue la introducción del Síndrome de Asperger. Ya en los años 40 existían evidencias sobre la existencia de población con elevadas capacidades intelectuales y elevado desarrollo del lenguaje desde edades tempranas, aunque con presencia de parte de la sintomatología autista (*Asperger, 1991*). El denominado Síndrome de Asperger debió de esperar a los años 90 para su inclusión, pero en una categoría independiente del autismo.

Otra de las variaciones presentadas en dichos manuales fue la presencia de deficiencias a nivel sensorial, contemplando la hiper o hipo reactividad ante determinados

sonidos y texturas (O'Neill & Jones, 1997), elevando con ello sus niveles de excitación y de ansiedad (Gillott & Standen, 2007). Ahora las categorías se centraron en trastorno autista, trastorno de Asperger, trastorno de Rett, trastorno desintegrativo infantil y trastorno generalizado del desarrollo no especificado, incorporando el término de trastornos generalizados del desarrollo (TGD). Dicha terminología sufrió modificaciones en la publicación de la 5ª edición del Manual Diagnóstico en 2013. El TGD pasó a denominarse TEA, incluido a su vez en la categoría de trastornos del neurodesarrollo que integraba, además del TEA, el síndrome de Asperger y TEA-No Especificado. Se excluyó el síndrome de Rett, por el avance científico en cuanto al conocimiento de su base neurobiológica y genética, algo que se desconoce con certeza en el TEA a pesar de los avances científicos (Artigas-Pallarès & Paula, 2012). La publicación del DSM-V (2013) supuso un avance en cuanto a niveles de gravedad sintomatológica, ayudando a los profesionales del TEA a tener una guía para especificar el apoyo necesario para cada individuo (American Psychiatric Association, 2013).

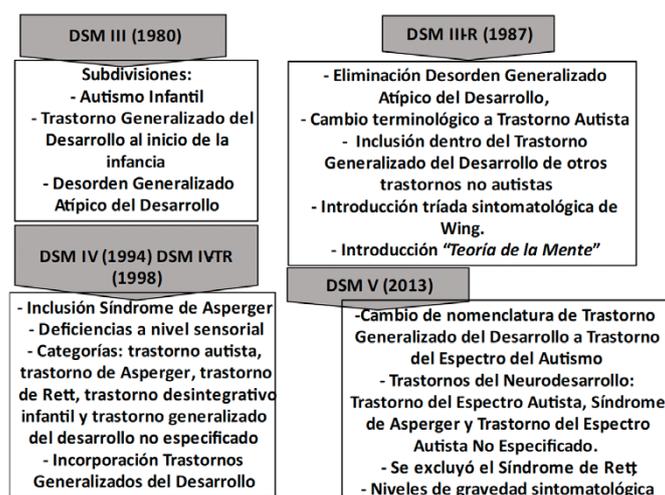


Figura 2.2: Cronología criterios diagnósticos TEA a partir del estudio del *American Psychiatric Association. Diagnostic and statistical manual of mental disorders 1980-2013.*

Las aportaciones del DSM-IV (1994), al unir criterios con otras escalas tales como la Clasificación Internacional de Enfermedades (CIE) 10.<sup>a</sup> edición (1990), permitieron que comenzasen a aparecer evaluaciones estandarizadas fruto de la investigación científica (World Health Organization, 1992). De la colaboración internacional, apareció una mayor concienciación por la afección (Volkmar & Mcpartland, 2014), que ahora, gracias al aporte del DSM-V (2013), podía especificarse en tres grados de severidad, según la sintomatología presentada en comunicación social y en comportamientos restringidos y repetitivos. Ello supondrá una mayor capacidad adaptativa en el diseño de terapias.

Pero, dada la heterogeneidad del TEA, la investigación debe de dar un paso más y definir situaciones para el diagnóstico reales, donde la respuesta de cada paciente sea específica y cuantificable, además de re-evaluable, con el fin de poder adaptar la terapia a los avances del niño. El problema que plantea el diagnóstico actualmente, a pesar de la existencia de baterías de test específicas y complementarias, con validez científica, es que se encuentran centradas en la observación directa cualitativa por parte del terapeuta o de las familias y dejan de lado respuestas específicas e internas de la población TEA como puede ser la respuesta fisiológica.

En el caso de la observación terapéutica realizada en Entrevistas como el Protocolo de Observación Diagnóstica para el Autismo (*ADOS-2*) (Lord et al., 2015), es importante tener en cuenta el contexto en el que se lleva a cabo, un contexto en el cual los sujetos puede haber aprendido a comportarse de una determinada manera frente a las actividades planteadas (Francis, 2005), por lo que la respuesta que obtendremos dista mucho de la que obtendríamos en un contexto real. Además, los criterios utilizados para la aplicación de un módulo u otro, solo atienden a edad y desarrollo del lenguaje (Lord et al., 2015; 2015), no atendiendo a criterios de evaluación adaptativa.

Lo mismo ocurre con las baterías diagnósticas destinadas a las familias, tales como la Entrevista para el Diagnóstico del Autismo Revisada (*ADI-R*) (Lord, Rutter & Le Couteur, 1994). Las preguntas planteadas a las familias van dirigidas hacia la detección de conductas que no suelen darse en otra población infantil en su mismo rango de edad y sin afectación. Es por ello que, la respuesta puede estar condicionada por la no aceptación de la afección o por una actitud exigente hacia su hijo, lo que supone un sesgo en el resultado. Además, partiendo de la base de la importancia de la detección precoz para poder comenzar la intervención y, por ende, obtener una mejoría, la edad de aplicación debe de ser superior a los dos años (Lord, Rutter & Le Couteur, 1994). Lo mismo sucede con escalas como la Escala Infantil del Autismo (Schopler, Reichler & Renner, 1988), aunque esta última cuenta con mayor especificidad en cuanto al grado de afectación, lo que facilita la adaptación de la intervención a las necesidades específicas del niño (Schopler, Reichler & Renner, 1988). Si bien es cierto que la versión Revisada del *ADOS-2* (Rutter, Le Couteur & Lord, 2006), contempla preguntas dirigidas hacia la sensibilidad frente a estímulos, lo hace centrándose en sonidos, dejando de lado otros canales sensoriales.

Otros instrumentos tales como el *Child Sensory Profile 2*, han intentado ampliar el abanico estimular, estudiando las reacciones, dado que una actitud aversiva puede ser un indicador temprano de la afección, pero sus resultados están basados en la observación directa del terapeuta, dejando al margen la valoración del procesamiento olfativo (Dunn & Westman, 1997).

Las baterías que se utilizan para completar el diagnóstico TEA, como es el caso de la *Escala de Desarrollo Merrill Palmer Revisada* (Roid & Sampers, 2011), que ofrece información sobre el grado global de desarrollo, hacen uso de tareas manipulativas, de las cuales, el terapeuta extrae unas puntuaciones basadas en la observación y de las que el sujeto no obtiene una retroalimentación en tiempo real. Si bien, en el caso de esta escala, la edad de aplicación es más temprana que las mencionadas anteriormente, sigue el modelo de evaluación observacional y no es solamente específica para personas con TEA, sino que es aplicable a otras discapacidades, ya sean problemas de audición, mutismo u otras limitaciones en el lenguaje expresivo.

A partir de las conclusiones que se obtienen con los modelos diagnósticos descritos, se establece el tipo de intervención que se adapta mejor al paciente. Es la atención temprana la que ofrece una intervención desde los primeros meses de vida hasta los 6 años y que tiene como objetivo un abordaje global, que tenga en cuenta todos los agentes implicados en la vida del infante y que contemple además aspectos interpersonales, biológicos, psicosociales y educativos (Grupo de Atención Temprana, 2000). Si bien es cierto que se trata de hacer una intervención precoz que pueda tener resultados más tempranos y que ofrece ya tratamiento desde los pocos meses de vida, cuenta con multitud de enfoques. Cada uno ofrece una alternativa diferente, no existiendo un criterio común cuantificable objetivamente que nos indique el punto de partida de cada niño y la evolución o eficacia de la intervención.

Uno de los enfoques es el llamado Análisis Conductual Aplicado (2007) (Cooper, Heron & Heward, 2007), basado en el registro conductual del paciente, donde las familias tienen un papel activo y que es realizado en contextos estructurados con ausencia de distractores. En él las limitaciones las hallamos en su baja validez ecológica (Loomis et al., 1999), lo que significa que el contexto no guardará semejanzas con el que el sujeto se enfrentará en la realidad. Además, tiene una fuerte carga de trabajo individual, lo que no incide en las relaciones interpersonales y un alto coste de carga personal, ya sea terapéutica o de la familia (Lovaas, 1987).

El planteamiento opuesto, en cuanto al contexto de intervención, es aplicado por el Enfoque del Desarrollo (2008). Para ello, el terapeuta debe de lograr involucrarse en actividades que son del interés del niño, para luego proceder a trabajar los aspectos afectados en el TEA, logrando con ello motivarlo en un contexto natural con presencia de distractores (Greenspan & Wieder, 2008). Ello nos lleva a pensar que se trata de un tipo de intervención donde el control estimular está ausente y en que dicha motivación puede no llegar, ralentizando con ello la adquisición de habilidades.

El tercero de los planteamientos que cabe destacar es el Enfoque Ambiental utilizado por el conocido método *Teacch* (Olley, 1986), cuyas mayores fortalezas las hallamos en que fomenta el trabajo en grupo y que abarca un mayor rango de edades. Nos encontramos ante un ambiente terapéutico diseñado para las necesidades específicas del niño y sus características. Esto puede ser de gran eficacia en dicho contexto que, finalmente entenderá como seguro, pero de nuevo nos hallamos ante una carencia de aspectos estimulares que va a encontrarse en el mundo circundante.

Dadas las limitaciones presentes en cada uno de los enfoques, terapéuticamente se opta por la realización de intervenciones de carácter mixto. Pero llegados a este punto, debemos plantearnos si la intervención, de igual modo que ocurre en el diagnóstico, debe de dar un paso más e incluir otros soportes que palien las limitaciones descritas.

## **2.2 El uso de las Tecnologías en el Trastorno del Espectro Autista**

La tecnología, concretamente las llamadas Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), pueden ser un soporte para iniciar un cambio en los protocolos diagnósticos y terapéuticos dentro del campo clínico del TEA (Martínez, Pagán, García & Máiquez, 2014), ya que, suponen herramientas computacionales e informáticas que han permitido mejorar la calidad de vida de la población en general y de los pacientes TEA en particular (Goldin, Kriscautzky & Perelman, 2012).

Las publicaciones de García Guillén, Garrote Rojas & Jiménez Fernández, (2017) y Martínez, Pagán & García Máiquez, (2014), focalizadas en el estudio de las TIC en el TEA, les atribuyen capacidades adaptativas a las características o necesidades personales de cada sujeto, generando tratamientos flexibles y personalizados (García Guillén et al., 2017; Martínez et al., 2014), capaces de sustentar los ritmos específicos de cada uno de ellos e individualizando la intervención. A la adaptabilidad terapéutica, cabe añadir la afinidad natural existente entre las TIC y los pacientes TEA. Dicha interacción basa su naturalidad en la presencia de interfaces de contenido altamente visual que facilitan el aprendizaje, además de suponer un entorno de elevada predictibilidad, lo que refuerza la intervención anticipatoria de rutinas (Lozano-Martínez, Ballesta-Pagán, & Alcaraz-García, 2011). Otra de sus capacidades es favorecer las relaciones interpersonales mediante contextos colaborativos, reforzando la barrera en cuanto a la interacción social, además de ser una herramienta capaz de fomentar el desarrollo de la capacidad comunicativa (García Guillén

et al., 2017). Son contextos controlados en los cuales el niño puede, con mayor facilidad, estructurar la información y organizarla, de modo que disminuye la variabilidad presente en los contextos reales (Moore, Cheng, Mcgrath & Powell, 2005), lo que repercute en una disminución de comportamientos de carácter disruptivo y en un aumento motivacional (Tseng & Do, 2011). Estas propuestas tecnológicas además cuentan con la capacidad de ofrecer mejoras en su calidad de vida y de disminuir su situación de dependencia (Pellicano, Dinsmore & Charman, 2017).

En cuanto a su aplicación, las llamadas TIC se han posicionado como herramientas asistenciales, de carácter diagnóstico o terapéutico, que permiten, con su modificación, mejorar las capacidades funcionales de las personas que presentan alguna discapacidad (Bryant & Seay, 1998). Dentro de la llamada *tecnología asistencial*, como se puede observar en la Figura 2.3, existe una amplia gama que se puede utilizar dentro del espectro del autismo. Tal como menciona Michael (2004), la tecnología se puede clasificar en baja o alta tecnología, dependiendo de la capacidad en cuanto a precisión a la hora de detectar las áreas de los pacientes con mayor afectación o la capacidad de la tecnología para la transmisión de habilidades a contextos reales (Michel, 2004). Las denominadas *low-tech ICT* o tecnología con baja capacidad de transmisión, son aquellas que, utilizando soportes visuales de materiales como papel o cartón, se emplean para la confección de horarios, anticipaciones a rutinas o acontecimientos, como soporte comunicativo, sobre todo en pacientes no verbales o para el aprendizaje de comportamientos ante situaciones sociales. Se caracterizan por un uso sencillo para el paciente y un coste bajo (Michel, 2004). Por otra parte, tenemos las llamadas *high-tech ICT* o tecnología con elevada capacidad de transmisión, que está basada en el uso de ordenadores y cuenta con la capacidad de intervenir en procesos más complejos, tales como el cognitivo, e imitarlos, llegando incluso a modificarlos. Se han utilizado con el fin de facilitar instrucciones con respecto a rutinas diarias o sociales, para el reconocimiento emocional y su expresión, como terapia de exposición visual a interacciones sociales, existiendo en ellas proceso de retroalimentación, lo que aumenta su grado de realismo (Michel, 2004).

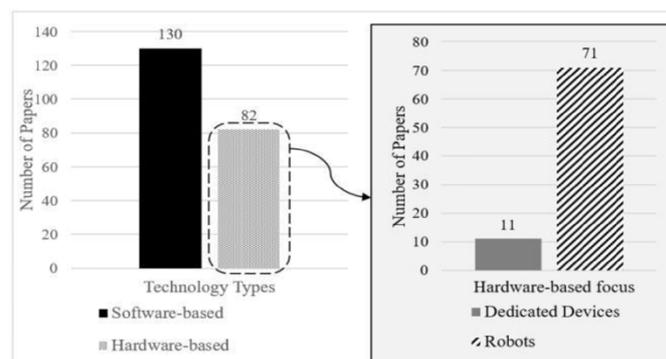


Figura 2.3: Distribución del uso software y hardware para el tratamiento y diagnóstico del TEA en 212 artículos revisados por Golestan et al. (2018).

Golestan et al. (2018), en una revisión sobre el uso de la tecnología en el TEA, tanto para su detección como para evaluación o intervención, estudiaron 294 artículos científicos, de los cuales, 130 se focalizaron en la investigación de soportes software para intervención terapéutica, centrándose mayoritariamente en el uso de teléfonos móviles (Alzrayer, Banda, & Koul, 2014; Ayres, Mechling & Sansosti, 2013; Azahari, Ahmad & Hashim, 2015), videojuegos (McCoy, Holloway, Healy, Rispoli & Neely, 2016) y pizarras digitales (Jodra & García-Villamizar, 2019). Las razones se deben buscar en la facilidad

en cuanto al diseño y desarrollo, uso, actualización y bajo coste. En dicha revisión, se plantea que las publicaciones con respecto al hardware son inferiores, situándolas en 82 artículos científicos, centrados en su mayoría en el uso de robots humanoides (Cabibihan, Javed, Ang & Aljunied, 2013; Scassellati, Admoni & Matarić, 2012) y dispositivos de carácter mecatrónico, capaces de almacenar datos e interactuar con el paciente (Shane, Laubscher, Schlosser, Flynn, Sorce, & Abramson, 2012).

No existe un uso generalizado de las tecnologías en el campo del diagnóstico del TEA, lo que nos ha hecho detectar la carencia en cuanto al uso de contextos computacionales con fines diagnósticos (Golestan et al., 2018). Con su introducción podemos vislumbrar su capacidad de reproducir contextos naturales y estructurados que nos proporcionen respuestas similares a las que el paciente tendría en el mundo real (Alcañiz, Olmos-Raya & Abad, 2019; Gillberg & Rasmussen, 1994), superaríamos la metodología tradicional, iniciando el camino hacia el llamado *transdiagnóstico* que entiende el TEA como una afección heterogénea (Fombonne, 2006). De ese modo, avanzaríamos hacia un modelo interdisciplinar, donde queda asumido que no hay una casuística única, por tanto, no puede haber diagnósticos ni intervenciones estándares (Tuchman, 2013), sino situaciones de carácter computacional adaptativas que superen un número concreto de descriptores adaptados a cada sujetos y sus necesidades.

### **2.2.1 Aplicación de tecnología de realidad virtual en el Trastorno del Espectro Autista**

La tecnología RV, es aquella que tiene la capacidad, de reproducir un entorno real o simulado, en el que el usuario tiene la creencia de está en un contexto diferente al que se encuentra físicamente, percibiendo la información sensorial y respondiendo a la misma, de forma similar al mundo real (Slater & Usoh, 1994), mediante el uso de sistemas tecnológicos, tales como visores RV, que le permiten visualizarlo.

Dadas sus características, la RV es una la herramienta que puede ser capaz de superar las limitaciones existentes en el ámbito del TEA, por su capacidad de reproducir contextos de elevada validez ecológica y con control estimular, monitorizando la respuesta concreta de paciente y generando posteriormente terapias adaptativas a las necesidades específicas de cada uno (Alcañiz et al., 2019). Dichos beneficios, cuentan con la base teórica definida por Blascovich et al. (2002), quien sostuvo que los contextos virtuales tendrían la capacidad de cambiar la intervención y evaluación, por proporcionar la oportunidad de estudiar el comportamiento humano en entornos naturales, seguros y replicables (Blascovich et al., 2002), y generar una respuesta en el individuo similar a la que se obtendría en un contexto real, generalizando y transfiriendo el aprendizaje (Olmos, Cavalcanti, Soler, Contero & Alcañiz, 2018). Todo ello, usando como soporte tecnológico los llamados *EVI*, entendidos por Witmer & Singer (1998), como contextos generados computacionalmente, capaces de rodear perceptualmente al usuario, de forma que vivencie dicho entorno como real, debido a la capacidad que tienen de proporcionar una corriente constante de estímulos y de responder a sus acciones, aproximándose al aprendizaje basado en la experiencia (Witmer & Singer, 1998). Todo lo descrito viene proporcionado, tal como muestra figura 2.4 por el denominado *genoma* de la RV compuesto por inmersión, interacción y capacidad de retroalimentación sensorial (Slater, 2009).



Figura 2.4: Pilares de la Realidad Virtual (Slater, 2009).

La conjunción de la capacidad de inmersión, de interacción y de retroalimentación de los canales sensoriales, genera en los usuarios un estado psicológico, denominado presencia (Slater, 2009), capaz de *crear* en su cerebro nuevas realidades que son tan *reales* como el mundo circundante, alterando nuestra realidad física de forma artificial, sin que el cerebro tenga la capacidad de hacer una distinción entre real o artificial. Hallazgos como los de Alcañiz, Rey, Tembl & Parkhutik (2009), han mostrado que, mediante el uso de medidas objetivas, como la técnica de *eco doppler* funcional, determinadas áreas cerebrales son activadas de forma secuencial y sincronizada de forma muy parecida en entornos RV a como lo hacen cuando el usuario está interactuando con un entorno *real*. Dichos hallazgos fueron replicados posteriormente reportando los mismos resultados (Rey, Alcañiz, Tembl & Parkhutik, 2010), reforzando los indicios que apuntan a un comportamiento cerebral similar en la realidad física y en la virtual. La capacidad de la RV de activar el cerebro del mismo modo que ocurre en el mundo real, la posiciona como una tecnología valiosa en la investigación TEA dado que, el paciente interactúa socialmente de forma similar cuando está viviendo una realidad física y cuando está viviendo una realidad virtual, siendo capaz el entorno virtual de entrenar capacidades y transferir lo aprendido al mundo físico (Rosenberg, Baughman & Bailenson, 2013).

Tomando como referencia la figura 2.5, podemos observar cómo ha habido un incremento en cuanto al interés científico, en cuanto a la aplicabilidad terapéutica de la tecnología en el ámbito TEA (Golestan et al., 2018), a medida que se ha producido un aumento significativo de su prevalencia, pero, tal y como se observa en la Figura 2.6, ha estado centrada en la intervención terapéutica más que en el diagnóstico (Parsons, 2016; Wass & Porayska-Pomsta, 2014).

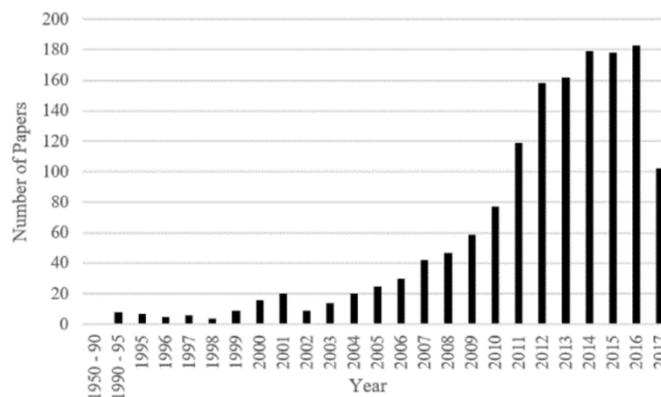


Figura 2.5: Gráfica publicaciones científicas uso tecnológico en TEA (Golestan et al., 2018).



Figura 2.6: Gráfica de prevalencia del TEA (Autism Speaks, 2020).

En la tabla 2.1 se recogen estudios donde se profundizó en el uso de la RV en el ámbito del TEA. La investigación científica se ha centrado en experiencias que han utilizado como soporte el PC. Es lo que se denomina *RV Desktop*, donde el usuario visualiza el contenido virtual en un soporte en 2 dimensiones e interactúa con él mediante el uso del teclado, ratón o joystick. La exposición sensorial del paciente, en los estudios mencionados en la tabla 2.1, se reducen a estímulos visuales y auditivos, no introduciendo el sentido del olfato. (Cheng & Ye, 2010; Forgeot d'Arc, Ramus, Lefebvre, Brottier, Zalla, Moukawane, Amsellem, Letellier, Peyre, Mouren, Leboyer & Delorme, 2014; Fornasari, Chittaro, Ieronutti, Cottini, Dassi, Cremaschi, Molteni, Fabbro & Brambilla, 2013; Grynszpan, Martin & Nadel 2008; Grynszpan, Nadel, Martin, Simonin, Bailleul, Wang, Gepner, Le Barillier & Constant, 2012; Kandalaf, Didehban, Krawczyk, Allen & Chapman, 2013; Ke & Im 2013; Lahiri, Bekele, Dohrmann, Warren, & Sarkar, 2012; Moore et al., 2005; Parsons, Beardon, Neale, Reynard, Eastgate, Wilson, Cobb, Benford, Mitchell & Hopkins, 2000; Parsons et al., 2004; Parsons, Leonard & Mitchell, 2006; Self, Scudder, Weheba & Crumrine, 2007; Schmidt, Laffey, Schmidt, Wang & Stichter, 2012; Stichter, Laffey, Galyen & Herzog, 2014; Strickland, 1997; Tartaro & Cassell, 2006).

Dichas experiencias *RV Desktop* profundizaron en el uso de contextos de entrenamiento para el TEA, dejando de lado la parte diagnóstica. Las intervenciones se centraron en el entrenamiento de habilidades diarias (Strickland, 1997; Self et al., 2007) y de interacciones sociales (Parsons et al., 2000, 2004), reconocimiento de emociones (Parsons et al., 2004) o desarrollo de la empatía (Cheng et al., 2010). En la revisión sobre el uso de la RV en el ámbito TEA llevada a cabo por Mesa-Gresa, Gil-Gómez, Lozano-Quilis & Gil-Gómez, (2018), donde incluyeron 31 publicaciones al respecto, observaron que todos ellos estuvieron centrados en: el entrenamiento de habilidades sociales, emocionales, de la vida diaria, capacidad comunicativa, atención, actividad física y fobias. Incidieron en que la mayoría de los trabajos revisados indicaron una mejoría terapéutica en las áreas mencionadas, pero que únicamente diez de los mismos obtuvieron resultados estadísticamente significativos, lo que puede indicar que dicha mejoría se estableció bajo criterios cualitativos y observacionales.

En cuanto al tamaño de la muestra en las citadas publicaciones *RV Desktop*, hallamos experiencias que solamente contaron con grupo experimental, donde el número de participantes se situó entre uno (Tartaro & Cassell, 2006) y 34 participantes (Moore et al., 2005). De dichas experiencias, únicamente seis de ellas contaron con un diseño experimental entre grupos, llegando a tener tamaños muestrales de 94 participantes

(Jarrold, Mundy, Gwaltney, Bailenson, Hatt, McIntyre, Kim, Solomon, Novotny & Swain, 2013).

Los rangos de edades de los participantes eran tardíos, por lo que podemos pensar que en los resultados podría haber un efecto de entrenamiento proporcionado por la terapia cotidiana de cada uno. En el caso de la revisión de Mesa-Gresa et al. (2018), se establece que las edades de los participantes oscilaron entre los 5 y 15 años.

En cuanto al contenido estimular, a pesar de la baja calidad de los gráficos de la *RV Desktop*, comienzan a implementarse entornos naturales cotidianos tales como una calle (Strickland, 1997, 2007), un café, como se muestra en la figura 2.7 (Parsons et al., 2000; Parsons, Mitchell & Leonard, 2004; Parsons et al., 2006), una ciudad, como se puede observar en la figura 2.8 (Fornasari et al., 2013) o un restaurante (Cheng et al., 2010) con el fin de buscar la transferencia al contexto real. Además, hallamos las primeras experiencias que incorporaron mediciones fisiológicas. Grynszpan et al. (2012) y Lahiri et al. (2012) hicieron uso de dispositivos de seguimiento ocular como el *eye tracking* (Grynszpan et al., 2012; Lahiri et al., 2013).

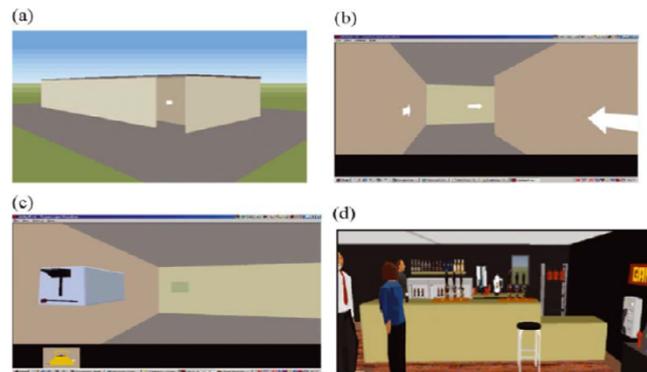


Figura 2.7: Virtual Café (Parsons et al., 2004).



Figura 2.8: Mapa e ilustraciones ciudad virtual (Fornasari et al., 2013).

**Tabla 2.1:** *Uso de RV en TEA.*

<i>Autor</i>	<i>Tecnología</i>	<i>Sentidos que intervienen</i>	<i>Interacción</i>	<i>Área de intervención</i>	<i>Grupos</i>	<i>Número de participantes</i>	<i>Edad</i>	<i>Contenido entorno</i>	<i>Uso de medidas fisiológicas</i>
(Strickland, 1997)	<i>RV Desktop</i>	Visual	Ratón	Habilidades diarias	TEA	2	7 y 9 años	Paso peatonal	-----
(Parsons, & Beardon, 2000)	<i>RV Desktop</i>	Visual	Joystick y Ratón	Interacciones Sociales	Asperger y TEA	No específica	13 - 19 años	Café Virtual	-----
(Parsons et al., 2004)	<i>RV Desktop</i>	Visual Auditivo	Joystick y Ratón	Habilidades diarias	24 TEA 24 control	36	13 -18 años	Café Virtual	-----
(Moore et al., 2005)	<i>RV Desktop</i>	Visual	Ratón	Reconocimiento emocional	TEA	34	7 -16 años	Avatar expresivo	-----
(Parsons et al., 2006)	<i>RV Desktop</i>	Visual Auditivo	Joystick y Ratón	Interacciones Sociales	TEA	6	14 -16 años	Café y Autobús Virtual	-----
(Tartaro&Cassell, 2006)	<i>RV Desktop</i>	Visual Auditivo	No indica	Interacciones Sociales Recíprocas y Comunicación	TEA	1	8 años	Agente Virtual	-----
(Strickland et al., 2007)	Visor	Visual Auditivo	No indica	Habilidades diarias	TEA	2	7 - 9 años	Paso peatonal	-----
(Self et al., 2007)	<i>RV Desktop</i>	Visual Auditivo	Ratón	Habilidades diarias	TEA	8	6 - 12 años	Simulación incendio y tornado	-----
(Grynszpan et al., 2008)	<i>RV Desktop</i>	Visual Auditivo	Ratón	Interacciones Sociales y Comunicación	10 TEA	20	9 - 12 años	Agentes Virtuales	-----
(Finkelstein, Nickel, Suma & Barnes, 2009)	<i>CAVEs</i>	Visual Auditivo	No indica	Actividad Física	No indica	No indica	No indica	Universo y planetas	-----
(Cheng & Ye, 2010)	<i>RV Desktop</i>	Visual Auditivo	Ratón	Desarrollo Empatía	TEA	3	9 - 10 años	Restaurante	-----

<i>Autor</i>	<i>Tecnología</i>	<i>Sentidos que intervienen</i>	<i>Interacción</i>	<i>Área de intervención</i>	<i>Grupos</i>	<i>Número de participantes</i>	<i>Edad</i>	<i>Contenido entorno</i>	<i>Uso de medidas fisiológicas</i>
(Schmidt et al., 2012)	<i>RV Desktop</i>	Visual Auditivo	Teclado y Ratón	Interacción Social	TEA	4	11 - 14 años	Castillo, barco pirata y restaurante	-----
(Grynszpan et al., 2012)	<i>RV Desktop</i>	Visual Auditivo	Joystick	Interacciones Sociales	14 TEA 14 control	28	13 - 31 años	Avatar expresiones faciales	Número de Fijaciones Media de duración fijación
(Lahiri et al., 2012)	<i>RV Desktop</i>	Visual Auditivo Táctil	Ratón	Comunicación Social	TEA	8	13 -18 años	Contextos naturales narrados por avatar	Duración Fijación, Diámetro Pupila, Frecuencia Parpadeo
(Jarrold et al., 2013)	Visor	Visual Auditivo	No indica	Atención Social	37 TEA 57 control	94	8 -16 años	Café Virtual	Giro de cabeza participante
(Ke & Im, 2013)	“SecondLife”	Visual Auditivo	Teclado y Ratón	Interacciones Sociales	TEA	4	9 -10 años	Cafetería, Fiesta Cumpleaños	-----
(Rosenberg et al., 2013)	Visor	Visual Auditivo (Aural)	No indica	Interacciones Sociales	TEA	60	No indica	Ciudad Virtual	Implementa <i>Eye tracking</i> . No analiza resultados
(Cai, Chia, Thalmann, Kee, Zheng, & Thalmann, 2013)	<i>CAVEs</i>	Visual Auditivo (Aural) Táctil	Kinect	Interacción Social	TEA	15	6 - 17 años	Delfinario Virtual	-----
(Fornasari et al., 2013)	<i>RV Desktop</i>	Visual y Auditivo	Ratón	Capacidad de navegación por entornos RV	16 TEA 16 control	32	7 - 14 años	Ciudad Virtual	-----

<i>Autor</i>	<i>Tecnología</i>	<i>Sentidos que intervienen</i>	<i>Interacción</i>	<i>Área de intervención</i>	<i>Grupos</i>	<i>Número de participantes</i>	<i>Edad</i>	<i>Contenido entorno</i>	<i>Uso de medidas fisiológicas</i>
(Maskey, Lowry, Rodgers, McConachie & Parr, 2014)	EVI	Visual y auditivo (Aural)	No indica	Reducción ansiedad	TEA	9	7 - 13 años	Carretera, patio escuela, gasolinera, parada de autobús, supermercado, interior vehículo, puente, aula virtual	-----
(Stichter et al., 2014)	RV Desktop	Visual y Auditivo	Teclado, ratón y comando de voz	Interacción Social	TEA	9	12 años	Castillo medieval	-----
(Forgeot d'Arc et al., 2014)	RV Desktop	Visual y Auditivo	Teclado	Interacción Social	33 TEA 38 control	71	9 -13 años	Avatar expresiones faciales	-----
(Perhakaran et al., 2015)	CAVEs	Visual, auditivo (aural) y táctil	Leap Motions	Habilidades motoras, cognitivas y sociales	No indica	No indica	No indica	Fondo marino	-----
(Bernardes, Barros, Simoes, & Castelo-Branco, 2015)	Casco RV HDM	Visual y Auditivo		Interacciones sociales y habilidades vida cotidiana	TEA	5	32 años	Autobús	<i>EDA</i> No especifica la fase
(Lorenzo, Lledó, Pomares, & Roig, 2016)	RV Desktop EVI	Visual y auditivo	----	Respuestas emocionales	20 TEA 20 control	40	7 - 12 años	Fiesta de cumpleaños, parque, aula, partido de futbol, excursión, chequeo médico, juego escondite, patio del colegio y trabajo en el aula.	Reconocimiento facial. Posición y orientación participante
(Cai, Chiew, Nay, Indhumathi & Huang, 2017)	CAVEs	Visual, auditivo (aural) y táctil	Kinect	Interacción Social	No indica	No indica	No indica	Delfinario virtual	-----

<i>Autor</i>	<i>Tecnología</i>	<i>Sentidos que intervienen</i>	<i>Interacción</i>	<i>Área de intervención</i>	<i>Grupos</i>	<i>Número de participantes</i>	<i>Edad</i>	<i>Contenido entorno</i>	<i>Uso de medidas fisiológicas</i>
(Ip, Wong, Chan, Byrne, Li, Yuan, Lau, & Wong, 2018)	CAVEs	Visual, auditivo (aural) y táctil	Cámaras captura de movimiento	Habilidades sociales y emocionales	36 TEA 36 Control	72	7 - 10 años	Hogar (habitación y baño) ascensor, vestíbulo, autobús escolar, aula...	-----

Los motivos de que el grueso de la producción científica haya hecho uso de RV *Desktop*, no aplicando otro tipo de tecnología de mayor inmersión, no debemos buscarlos únicamente en el desarrollo tecnológico, ya que, tal como se puede ver en la figura 2.9, experiencias como la de Strickland et al. (2007), trataron de hacer uso de los mismos. A pesar de la popularización de dichos visores a partir de año 2015, siendo menos invasivos, como muestra la figura 2.10 continúan produciendo rechazo en su uso en la población TEA.

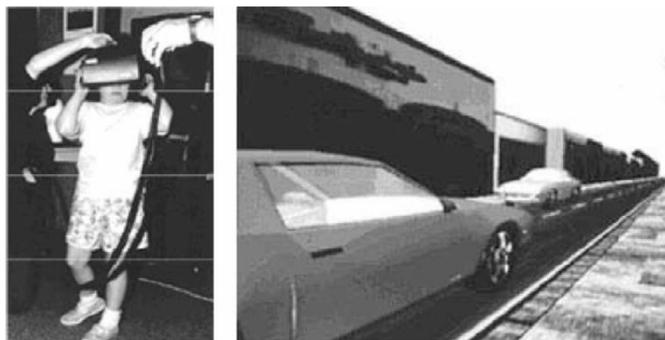


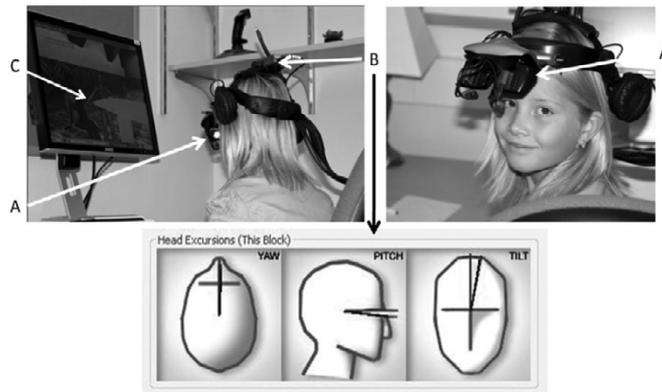
Figura 2.9: Uso en el ámbito TEA de los primeros visores RV (Strickland et al., 2007).



Figura 2.10: Modelo de dispositivo de RV en forma de casco.

Nota. Adaptado de Depositphotos [Niño y niña usando dispositivos de realidad virtual aislados], por NatashaFedorova, 2017, (<https://mx.depositphotos.com/150158304/stock-photo-friends-in-virtual-reality-headsets.html>). CC BY 2.0

Es por ello que encontramos una producción científica con visores RV muy limitada por el carácter invasivo del dispositivo (Parsons, 2016). Pero a pesar de ser pocos los estudios (Strickland et al., 2007), cuentan con un gran interés, dado que son los primeros que incorporan a contextos virtuales mediciones fisiológicas del paciente (Jarrod et al., 2013; Rosenberg et al., 2013). Como se puede observar en la figura 2.11, Jarrod et al. (2013), utilizó mediciones basadas en el giro de cabeza de los participantes, mientras que Rosenberg et al. (2013), implementó dispositivo de *eye tracking*, aunque en su publicación no reportó los resultados (Rosenberg et al., 2013).



*Figura 2.11:* Incorporación de la medición del giro de cabeza. (A) Monitor de video RV. (B) Posición de la cabeza del participante. (C) Monitor que proporciona imágenes al investigador (Jarrold et al., 2013.)

En cuanto al tamaño muestral, si estudiamos de nuevo la tabla 2.1 presentada anteriormente, el número de participantes fue elevado (Jarrold et al., 2013), aunque todavía con muestras en *edades* tardías, pudiendo no ser generalizables los resultados. Con ellos se comenzó a vislumbrar la importancia de superar las mediciones cualitativas y de dotar a los contextos virtuales, además de con elementos visuales, con elementos de sonidos aurales, los cuales dotan de mayor verosimilitud al entorno (Rosenberg et al., 2013).

Con la aparición de la denominada *Second Life*, entendido como un mundo virtual con capacidad de interacción (Kaplan & Haenlein, 2009) y que puede visualizarse o en un visor RV o en *RV Desktop*, permitió que autores como Ke & Im (2013) la aplicara al tratamiento del TEA, con el objetivo de evitar el carácter invasivo de los visores y lograr que los participantes ganaran en capacidad de interacción con pares virtuales, aunque contando con tamaños muestrales limitados y sin aplicar mediciones objetivas de los participantes ante la experiencia.

Las muestras pequeñas, *edades* tardías y la carencia de mediciones cualitativas, continuaron estando presentes con el uso de los denominados *CAVEs* (Cave Automatic Virtual Environment). En ellas, como muestra la figura 2.12, las imágenes, de elevada calidad gráfica, se proyectan sobre paredes, envuelven los sentidos del usuario y proporcionando respuestas más naturales por su elevada validez ecológica (Blascovich et al., 2002), además de incorporar nuevos dispositivos que permiten la interacción con elementos virtuales (Cai et al., 2013, 2017). Dicha interacción, se produce mediante el uso de gafas de visión estereoscópica, como ilustra la figura 2.13, lo que puede derivar en un rechazo por parte de los participantes TEA, de mismo modo que ocurría con los visores RV. Además, los sistemas inmersivos empleados por autores como Cai (2017), suponen un elevado coste económico y por ende una barrera para su generalización en la práctica clínica.



Figura 2.12: Delfinario Virtual proyectado en una CAVEs con uso de gafas de visión estereoscópica en el que los participantes interaccionaron con delfines con el fin de mejorar su gestualidad y comprender instrucciones de tareas (Cai et al., 2013, 2017).



Figura 2.13: Gafas de visión estereoscópica (Mundomanuales, 2009.)

Tal como muestra la figura 2.14, Maskey (2014), suprimió en su proyecto *Blue Room*, las gafas de estereoscopia, permitiendo de ese modo el libre movimiento del usuario por el entorno y suponiendo la evolución hacia los llamados *Entornos Virtuales Inmersivos (EVI)* (Maskey et al., 2014). El paso de los *CAVEs* a los *EVI*, supuso una pérdida de inmersión del usuario, pero permitió suprimir las gafas estereoscópicas, ganando en ergonomía. Es a partir de ese momento cuando aparecen estudios que hacen uso de *EVI* diseñando y aplicando salas virtuales no invasivas (Perhakaran et al., 2015), capaces de reproducir el mundo real de forma verosímil, pero adaptándose a las características del TEA.

Con la aparición de los *EVI*, entendidos como un sistema de proyección en 3 dimensiones que se ubican dentro de una habitación, sin uso de gafas de visión estereoscópica, evitando el carácter invasivo de las mismas, los costes pueden reducirse con respecto a los *CAVEs*, por lo que la aplicabilidad en la práctica clínica puede aumentar. Además, son capaces de lograr un entorno que rodea al paciente a nivel perceptual, similar al mundo real (Parsons, 2016), por lo que su respuesta también se asemejaría a la que se produciría en un contexto cotidiano. Cabe señalar el trabajo de Lorenzo et al. (2016), quienes estudiaron la capacidad de mejorar las interacciones sociales en sujetos TEA, comparando soportes no inmersivos (*RV Desktop*) e inmersivos (*EVI*). Los resultados hallaron que los participantes mejoraron la competencia social cuando se realizó la intervención con un *EVI*.

Además, dichos sistemas, pueden introducir no únicamente canales como el visual y auditivo, sino que pueden incluir, incluso, estimulación de carácter olfativo, avance tecnológico importante si tenemos en cuenta, que el 40% de pacientes TEA presenta disfunciones en el procesamiento del mismo (Leekam, Nieto, Libby, Wing & Gould, 2007). Autores como Hilton, Harper, Kueker, Lang, Abbacchi, Todorov & LaVesser (2010), han relacionado dicha alteración con la capacidad de mantener interacciones sociales.



Figura 2.14: Blue Room para el tratamiento de la ansiedad en pacientes TEA haciendo para ello uso de un sistema *EVI* (Maskey et al., 2014).

Si bien han existido publicaciones que han usado la tecnología virtual en el ámbito TEA, como hemos estudiado en la tabla 2.1, éstas han sido focalizadas en la detección de estereotipias y comportamientos repetitivos (Golestan et al., 2010), dejando de lado otro tipo de sintomatología vinculada a la afección. Es por ello que podemos concluir la existencia de un vacío científico que aglutine el uso de *EVI* con estimulación de todos los canales sensoriales, que cuente con un doble objetivo, evaluación e intervención (Alcañiz et al., 2019; Olmos-Raya, Martínez, Sousa & Raya, 2018), siendo ello el principal objetivo de nuestro estudio. Cabe añadir, que la introducción de mediciones de carácter fisiológico dentro de contextos virtuales, no ha sido frecuente en el campo de estudio que nos ocupa, sino que los resultados se han basado en mediciones cualitativas de carácter observacional. La inclusión de una monitorización fisiológica, como la que procederemos a analizar en el posterior apartado, puede proporcionar información sobre las respuestas emocionales o sobre actitudes y conductas que se encuentran fuera de nuestro control (Becker, 2011), pudiendo dar inicio a un diagnóstico basado en mediciones objetivas.

### **2.3 Mediciones Fisiológicas en el Trastorno del Espectro Autista: la actividad electrodermal y el seguimiento ocular (*eye tracking*).**

Dentro de la comunidad científica ha crecido el interés en analizar las respuestas de pacientes TEA mediante las denominadas mediciones implícitas, lo viene dado por nuevas posturas que entienden la afección como un espectro de mayor variabilidad entre individuos que la contemplada hasta la fecha (Del Valle Rubido et al., 2018), hipotetizando que, mediante las mismas, se pueden obtener marcadores cuantitativos que estratifiquen según distintos subtipos biológicos (Loth, 2017). Señales fisiológicas como la actividad electrodermal (*EDA*), el ritmo cardiaco (Billeci, Tonacci, Narzisi, Manigrasso, Varanini, Fulceri, Lattarulo, Calderoni & Muratori, 2018) o el *eye tracking*, han sido aplicadas con la finalidad de buscar una relación entre la sintomatología TEA y dichas medidas, aunque no hay un consenso en cuanto a la vinculación entre ambas en el caso del *EDA* (Lydon et al., 2014).

Respecto al *eye tracking*, se han logrado resultados con mayor solidez, capaces de estratificar a dicha población a través de su comportamiento ocular (Klin, Jones, Schultz, Volkmar & Cohen, 2002; Jones, Carr & Klin, 2008), pero no existen evidencias de que sea un indicador que refleje una evolución tras un entrenamiento. Es por ello que, mediante la conjunción de medidas implícitas obtenidas en una sesión de evaluación y de entrenamiento en conjunción con el uso de un EVI, son las que pueden generar nuevos modelos diagnósticos, basados en métricas que superen las de carácter observacional empleadas hasta la fecha, además de poder ser un indicador de la evolución del sujeto tras la intervención en dicho contexto.

Así pues, en los siguientes apartados, analizaremos las investigaciones llevadas a cabo dentro del ámbito del TEA que han hecho uso del *EDA* y del *eye tracking*. En el caso del *EDA*, para el estudio del trabajo científico, se han agrupado las investigaciones según si la estimulación fue visual, auditiva, olfativa, si se analizó el procesamiento sensorial y las relaciones ente dicha medida y la sintomatología de la afección. Además, se estudiaron los objetivos planteados en cada experimentación, el contexto utilizado, el número de participantes, así como los grupos, su edad, las medidas utilizadas y los resultados obtenidos. En el caso del *eye tracking*, los estudios se han aglutinado en torno al uso de estimulación estática o dinámica, contenido de los mismos, existencia de áreas de interés, grupos poblacionales y número de participantes, mediciones utilizadas y resultados. En ambas, se observó que se centraron en el diagnóstico, no realizándose sesiones de entrenamiento que indiquen si pueden proporcionar información sobre una mejoría terapéutica.

### **2.3.1 Actividad electrodermal**

El *EDA*, también conocida como *Galvanic Skin Response (GSR)*, es la respuesta electrodérmica inconsciente de nuestro cuerpo en forma de sudoración, siendo una medida proporcionada por las variaciones constantes de las características eléctricas de la piel (Benedek & Kaernbach, 2010), cuando nos hallamos ante un estado emocional o la presencia de un estímulo externo (Fagius & Wallin, 1980). Se trata de un indicador de la actividad del Sistema Nervioso Simpático (SNS), cuya activación supone un aumento de nuestro sistema metabólico, el cual se encarga de ayudarnos a hacer frente a estímulos tanto internos como externos (Critchley, 2002), pudiendo ser un reflejo de un estado de aburrimiento, miedo o sorpresa (Jang, Park, Park, Kim & Sohn, 2015),

La medida *EDA*, tal como podemos ver en la Figura 2.15 cuenta con dos fases: Fase Tónica o SCL y Fase Fásica o SCR. La primera es lenta y no está asociada con un estímulo externo, nos indica el grado de excitación general de un sujeto. La segunda es más rápida y está asociada con un estímulo externo (Venables & Christie, 1980), por tanto, nos indica si el estímulo concreto produce una mayor o menor agitación. A pesar de que la fase predominante utilizada es la referente SCR, existen estudios que hecho uso de la fase SCL (Palkovitz & Wiesenfeld, 1980; Riby, Whittle & Doherty-Sneddon, 2012; Schoen, Miller, Brett-Green & Nielsen, 2009) o han estudiado los resultados en ambas (Zahn, Rumsey & Van Kammen, 1987), siendo la fase SCL más analizada para la relación de los síntomas TEA (McCormick et al., 2014; Prince, Kim, Wall, Gisin, Goodwin, Simmons, Chawarska, & Shic, 2017).

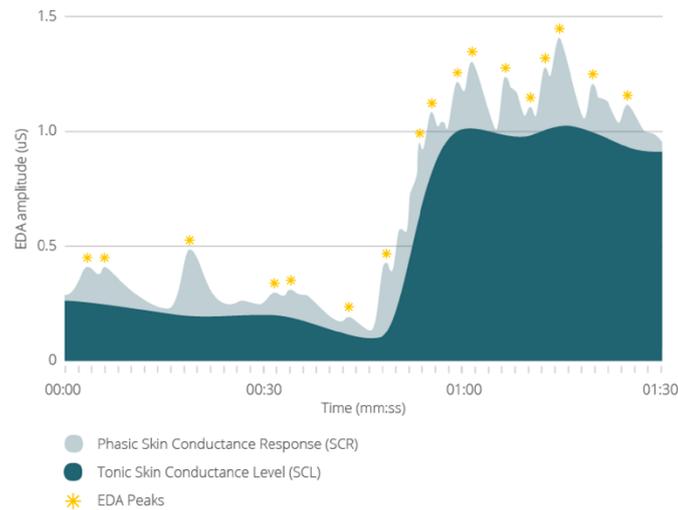


Figura 2.15: Gráfica monitorización EDA, tanto en su fase SCR como SCL, durante un periodo de 1 minuto y 30 segundos (Farnsworth, 2019).

Además de las fases SCL y SCR, nuestra investigación incluyó la medida denominada Ratio (véase tabla 2.2), entendida como el promedio de referencia entre los valores en SCR y los proporcionados por la línea de base. Es decir, indica el grado de incremento de la excitación frente a un estímulo concreto con respecto a un estado de reposo previo. Cuando el resultado de Ratio es mayor que 1, apunta a un aumento en la medida de SCR con respecto a estados de reposo o líneas basales, lo que sugiere un aumento en la activación de los participantes. Si, por el contrario, el resultado de Ratio es inferior a 1, apunta a una disminución en el SCR con respecto al estado de relajación y sugiere una disminución en la activación (Marín-Morales, Torrecilla-Moreno, Guixeres-Provinciale & Llinares-Millán, 2017).

Para la revisión del estado del arte respecto al uso del EDA en sujetos TEA, las investigaciones se han agrupado atendiendo al canal sensorial estudiado: auditivo, visual, olfativo, capacidad de procesamiento sensorial, el cual incluye además de los canales citados el táctil y, por último, aquellas investigaciones que han buscado las relaciones entre el EDA y la sintomatología TEA.

**Tabla 2.2:** *Medidas electrodermales.*

<i>Medida EDA</i>	<i>Equivalencia Español</i>	<i>Abreviatura</i>	<i>Característica</i>
Skin ConductanceLevel (Fase Fásica)	Nivel general de conductancia de la piel	SCL	Rápida Nivel de excitación general del sujeto
Skin Conductance Response (Fase Tónica)	Respuesta de conductancia de la piel a un estímulo	SCR	Lenta Nivel de excitación frente a un estímulo
Línea de Base	Nivel de SCR en estado de reposo	LB	Estado de Relajación Se obtiene a partir de la medida SCR, pero con el sujeto en estado de reposo
Ratio	Ratio	Ratio	Resultado de la división SCR entre la Línea de Base (SCR/LB). Grado de incremento de la excitación con respecto al estado de reposo previo

En primer lugar, si observamos la tabla 2.3, la cual profundiza en el procesamiento auditivo de sujetos TEA (Stevens & Gruzelier, 1984), vemos que las investigaciones se dieron en contextos reales, profundizando en si las mediciones fisiológicas reflejaban la sensibilidad de esta población en cuanto a la percepción de sonidos (Chang, Parham, Blanche, Schell, Chou, Dawson & Clark, 2012) o las relaciones con capacidad atencional o el desarrollo cognitivo (Zahn et al., 1987). Las medidas electrodermales SCL y SCR, no proporcionaron diferencias significativas entre los grupos experimentales cuando se midió a los participantes en estado de reposo o líneas de base (Palkovitz & Wiesenfeld, 1980). Mientras que, en la medida SCL, no se hallaron diferencias significativas entre los grupos (Van Engeland, 1984), sí que aparecieron en las mediciones electrodermales SCR, donde la población TEA mostró mayor activación, por lo que podría ser la medida más apropiada para evaluar la respuesta fisiológica frente a la estimulación auditiva (Stevens & Gruzelier, 1984; Zahn et al., 1987).

**Tabla 2.3:** Estudios actividad electrodermal y estimulación Auditiva.

<i>Autor</i>	<i>Objetivo</i>	<i>Contexto experimental</i>	<i>Estímulo</i>	<i>Grupos</i>	<i>Número de participantes</i>	<i>Edad</i>	<i>Medida utilizada</i>	<i>Resultados</i>
(Palkovitz & Wiesenfeld, 1980)	Procesamiento auditivo de carácter social	Real	Auditivo. Línea de Base, tono estándar, frase sin sentido y frase con contenido social	10 TEA 10 control	20	5-10 años	Skin ConductanceLevel (Tónica)	TEA SCR más elevada en 1º Línea de Base. No diferencias en el resto se estímulos
(Stevens & Gruzelier, 1984)	Procesamiento auditivo	Real	Auditivo. Dos tonos de diferente intensidad	20 TEA 20 control	40	7-17 años	Skin Conductance Response (Fásica)	TEA retraso en el registro y lentitud de la señal. Mayor activación 1º tono
(Van Engeland, 1984)	Procesamiento auditivo	Real	Auditivo. Línea de Base. 25 estímulos acústicos. Línea de Base.	35 TEA, 45 control, 20 Discapacidad Intelectual, 38 Afección Psiquiátrica	138	9-18 años	No especifica la fase	No diferencias en Líneas de Base. TEA retraso en el registro estimulación acústica
(Zahn et al., 1987)	Relación procesamiento auditivo, atención y cognición	Real	Auditivo. Línea de Base. Estímulos acústicos. Tarea atencional	13 TEA, 19 control, 13 Afección Psiquiátrica	45	18-39 años	Skin Conductance Response (Fásica), Skin ConductanceLevel (Tónica)	No diferencias significativas. TEA habituación estimular más rápida
(Chang et al., 2012)	Sensibilidad auditiva	Real	Auditivo. Sin estímulo (Línea de Base 1), tono estándar y sirena y fase recuperación (Línea de Base 2)	25 TEA, 25 control	50	5-12 años	Skin Conductance Response (Fásica)	TEA SCR más elevado en Líneas de Base y tono estándar
(Allen, Davis & Hill, 2013)	Respuesta emocional música	Real	Auditivo (melodías)	23 TEA 24 control	47	Adulta	No especifica la fase	No diferencias entre grupos

Como observamos en la tabla 2.4, la medición del *EDA* se ha utilizado para el estudio del procesamiento visual en pacientes TEA. Los soportes tecnológicos utilizados fueron, monitores de televisión o PC y la medida a analizar, la fase electrodérmica SCR. Ante la presentación de fotografías con caras humanas y objetos, Hirstein, Iversen & Ramachandran (2001), halló que los participantes diagnosticados mostraron una activación más elevada ante la presencia de rostros humanos, lo que podría tener una relación con la dificultad en las interacciones sociales con sus pares o con comportamiento ocular evitativo (Hirstein et al., 2001). La activación varió cuando el estímulo presentado era un objeto estático o en movimiento, elevando los niveles de SCR en pacientes TEA cuando el objeto era dinámico (Hubert, Wicker, Monfardini & Deruelle, 2009). Cuando los estímulos fueron caras humanas (mirada directa y evitativa), los TEA mostraron una activación mayor que los sujetos de control (Joseph, Ehrman, McNally & Keehn, 2008; Kylliäinen & Hietanen, 2006), desapareciendo dichas diferencias cuando se añadieron más condiciones experimentales (mirada hacia la derecha e izquierda) (Joseph et., 2008; Kaartinen, Puura, Mäkelä, Rannisto, Lemponen, Helminen, Salmelin Himanen & Hietanen, 2012; Stagg, Davis & Heaton, 2013). En rostros con ojos cerrados o abiertos, la activación fisiológica aumentó a medida que lo hacía la apertura de los ojos (Kylliäinen, Wallace, Coutanche, Leppänen, Cusack, Bailey & Hietanen, 2012) e imágenes con contenido emocional, las diferencias entre grupos solo se dieron ante imágenes amenazantes (Blair, 1999; Shalom, Mostofsky, Hazlett, Goldberg, Landa, Faran, McLeod & Hoehn-Saric, 2006).

En los estudios presentados en la tabla 2.3 y tabla 2.4, se presentan casos con estimulación de un solo canal sensorial y en contextos reales, lo que supone una elevada validez ecológica pero escaso control experimental y en casos tecnológicos no inmersivos, donde hay una pérdida de dicha validez en pro de dicho control. En ningún caso se reúnen las dos características, ni se conjugan todos los canales sensoriales.

**Tabla 2.4:** Estudios actividad electrodermal y estimulación Visual.

<i>Autor</i>	<i>Objetivo</i>	<i>Contexto experimental</i>	<i>Estímulo</i>	<i>Grupos</i>	<i>Número de participantes</i>	<i>Edad</i>	<i>Medida utilizada</i>	<i>Resultados</i>
(Blair, 1999)	Diferencias presencia imágenes de carácter emocional	Proyector	Visual. Imágenes angustiosas, amenazantes y neutrales	19 TEA, 19 control	38	6-12 años	Skin Conductance Response (Fásica)	TEA SCR significativamente más elevada en imágenes amenazantes
(Hirstein et al., 2001)	Diferencias caras humanas y objetos	----	Visual. Imágenes caras y objetos	25 TEA, 25 control	50	3-13 años TEA. Adultos Control	Skin Conductance Response (Fásica)	TEA SCR significativamente menor en caras y similar entre caras y objetos
(Shalom et al., 2006)	Diferencias presencia imágenes de carácter emocional	Pantalla de TV	Visual. Imágenes agradables, desagradables y neutras	10 TEA, 10 control	20	9-18 años	Skin Conductance Response (Fásica)	No diferencias significativas
(Kylliäinen & Hietanen, 2006)	Diferencia mirada directa y evitativa	Monitor PC	Visual. Imágenes humanas	12 TEA, 12 control	24	7-14 años	Skin Conductance Response (Fásica)	TEA SCR más elevado en la mirada directa. No diferencias entre condiciones en los Controles
(Joseph et al., 2008)	Diferencias mirada directa y evitativa	Monitor PC	Visual. Imágenes rostros humanos	20 TEA, 20 control	40	9-16 años	Skin Conductance Response (Fásica)	TEA SCR significativamente más elevada en todas las condiciones. Correlación menor capacidad de reconocimiento mayor activación SCR
(Hubert et al., 2009)	Diferencias caras humanas y objetos. Relaciones con capacidad cognitiva	Monitor PC	Visual. Caras Humanas (edad y emoción) y objetos en movimiento	16 TEA, 16 control	32	18 años	Skin Conductance Response (Fásica)	TEA SCR menor activación en caras emocionales. No diferencias en el resto de estímulos. No correlaciones con capacidad cognitiva.

<i>Autor</i>	<i>Objetivo</i>	<i>Contexto experimental</i>	<i>Estímulo</i>	<i>Grupos</i>	<i>Número de participantes</i>	<i>Edad</i>	<i>Medida utilizada</i>	<i>Resultados</i>
(Karttinen et al., 2012)	Relación SCR, dificultades sociales y contacto visual	Monitor PC	Fotografías humanas con mirada directa y evitativa derecha e izquierda. Cuestionario idi*	15 TEA, 16 control	31	8-16 años	Skin Conductance Response (Fásica)	SCR no diferencias entre grupos. Correlación significativa con 3di (comunicación social, desarrollo lenguaje, lenguaje gestual y juego no verbal)
(Kylliäinen et al., 2012)	Relación SCR contacto visual	Monitor PC	Fotografías humanas ojos cerrados, entrecerrados y abiertos	14 TEA, 15 control	29	10-14 años	Skin Conductance Response (Fásica)	TEA SCR aumentó a medida que aumentaba la apertura de ojos
(Riby et al., 2012)	Actividad Electrodermal y rostros afectivos	Monitor PC	Fotografías humanas expresiones triste, alegre y neutral	15 TEA, 12 control	27	12-17 años	Skin ConductanceLevel (Tónica)	TEA SCL la misma activación en todas las condiciones. El grupo de Control mostró un incremento
(Cohen, Masyn & Mastergeorge, 2013)	Diferencias imágenes rostros emocionales y no emocionales.	Monitor PC	Visual. Imágenes no sociales, neutras y expresiones faciales. Línea de Base entre estímulos	*TEA, *Control, *X Frágil (No especifica)	52	10-17 años	Skin Conductance Response (Fásica)	TEA SCR significativamente más elevada en Línea de Base inicial. Diferencias entre condiciones experimentales
(Stagg et al., 2013)	Relación entre la actividad electrodermal, desarrollo del lenguaje y estímulos sociales	Monitor PC	Visual. Avatares varones con mirada directa, evitativa y ojos cerrados	14 TEA alto funcionamiento, 18 TEA bajo funcionamiento, 18 control	50	7-15 años	Skin Conductance Response (Fásica)	SCR Control y alto funcionamiento más elevado. Correlación SCR con puntuación edad verbal (The British Vocabulary Picture Scale- II)

\*idi (Developmental, Dimensional and Diagnostic Interview) \*(No especifica el dato)

Pocos trabajos de investigación han incluido el sentido del olfato conjuntamente con medias electrodermales. Tal como presentamos en la tabla 2.5, una única experiencia incluyó dicho sentido haciendo uso de frascos de cristal, reportando diferencias significativas entre los grupos (Legiša, Messinger, Kermo & Marlier, 2013). El resto se realizaron mediante evaluaciones cuantitativas del procesamiento olfativo (Ashwin, Chapman, Howells, Rhydderch, Walker & Baron-Cohen, 2014; Wicker, Monfardini & Royet, 2016).

Otros trabajos, plasmados en la tabla 2.6, combinan el estudio de los canales visual, auditivo, olfativo y táctil e incluso vestibular. Su ejecución fue en contextos de laboratorio, donde mediaron actividades sensoriales visuales (flash), auditivas (tono o sirena), olfativas (aceite de wintergreen), táctiles (pluma) y vestibulares (borde de la silla) (Legiša et al., 2013; McCormick et al., 2014; Schoen et al., 2008, 2009). Todas estas investigaciones, presentan una limitación común, la baja validez ecológica frente al elevado control experimental, al tratarse de contextos controlados de laboratorio. Aun así, son las primeras experiencias que buscan una relación entre la sintomatología TEA y la actividad electrodérmica, usando la medida SCL, pero no hallando diferencias significativas ni correlaciones con baterías diagnósticas de carácter sensorial (McCormick et al., 2014). Los hallazgos de McCormick (2014) fueron replicados por Fenning (2017) y Prince (2017), como plasma la tabla 2.7, empleando tareas estímulares similares. Los resultados reportaron una mayor activación electrodermal con la presencia de mayor sintomatología (Fenning et al., 2017) y con mayor presencia de comportamientos repetitivos y estereotipados (Prince et al., 2017). Pero en ambos estudios se excluyó el sentido del olfato.

**Tabla 2.5:** *Actividad electrodermal y estimulación olfativa.*

<i>Autor</i>	<i>Objetivo</i>	<i>Contexto experimental</i>	<i>Estímulo</i>	<i>Grupos</i>	<i>Número de participantes</i>	<i>Edad</i>	<i>Medida utilizada</i>	<i>Resultados</i>
(Legiša et al., 2013)	Respuesta emocional olores agradables desagradables	Real	Ocho olores: vainilla, queso, rosa, hierba verde, menta, cloro, sudor, heces. Presentación en frascos de cristal.	8 TEA, 8 control	16	8-14 años	Skin Conductance Response (Fásica)	Sutiles diferencias entre grupos
(Ashwin et al., 2014)	Sensibilidad olfativa y relación con el TEA	Real	Bastoncillos de algodón	17 TEA, 17 control	34	Adultos	----	Detección del olor a mayor distancia que pares normotípico. Correlación distancia con rasgos TEA
(Wicker et al., 2016)	Detección del umbral del olor, detección, agrado y discriminación	Real	Frascos de vidrio opaco con olores	15 TEA, 15 control	30	Adultos	----	Mayor puntuación intensidad y menor en umbral, agrado e identificación.

**Tabla 2.6:** *Actividad electrodermal y procesamiento sensorial.*

<i>Autor</i>	<i>Objetivo</i>	<i>Contexto experimental</i>	<i>Estímulo</i>	<i>Grupos</i>	<i>Número de participantes</i>	<i>Edad</i>	<i>Medida utilizada</i>	<i>Resultados</i>
(Schoen, Miller, Brett-Green & Hepburn, 2008)	Relaciones actividad electrodermal y sensibilidad sensorial	Real	Visual (flash), auditivo (Sirena), olfativo (wintergreen), táctil (pluma) y vestibular (punta de la silla)	11 TEA 27 asperger	38	5 a 15 años	Skin Conductance Level (Tónica)	Elevada reactividad ambos grupos
(Schoen et al., 2009)	Relaciones actividad electrodermal y sensibilidad sensorial	Real	Auditivo (tono), visual (flash), auditivo (Sirena), olfativo (wintergreen), táctil (pluma) y vestibular (punta de la silla)	40 TEA 31TMS*	71	5 a 15 años	Skin Conductance Level (Tónica) <i>Short Sensory Profile</i>	Línea de Base menor TEA y ante estímulos sensoriales. No hubo correlación <i>Short Sensory Profile</i>
(McCormick et al., 2014)	Relaciones actividad electrodermal y sensibilidad sensorial	Real	Sensoriales: estímulo auditivo (sirena de 95 decibeles), olfativo (wintergreen), visual (luz) y táctil (pluma); comportamientos repetitivos: siete coches, caja de cerillas, un tren, dos anillos de plástico y dos palos de ritmo.	54 TEA 33 controles	87	29–56 meses	Skin Conductance Response (Física) Skin ConductanceLevel (Tónica) <i>Short Sensory Profile</i>	No diferencias significativas en ninguna de las medidas entre los grupos. No hubo correlación entre las medidas y <i>Short Sensory Profile</i>

\*TMS (Trastorno de Modulación Sensorial)

**Tabla 2.7:** *Sintomatología TEA y actividad electrodermal.*

<i>Autor</i>	<i>Objetivo</i>	<i>Contexto experimental</i>	<i>Estímulo</i>	<i>Grupos</i>	<i>Número de participantes</i>	<i>Edad</i>	<i>Medida utilizada</i>	<i>Resultados</i>
(Fenning, Baker, Baucom, Erath, Howland & Moffitt, 2017)	Relación actividad electrodermal y sintomatología TEA	Contexto real estructurado	Tarea de prohibición, juego libre, tarea de limpieza, resolución de problemas, tarea de frustración y pruebas cognitivas	TEA	34	4-11 años	Respuesta no específica (NSCRs), variabilidad EDA	Mayor variabilidad <i>EDA</i> mayor presencia de síntomas
(Prince et al., 2017)	Relación actividad electrodermal y sintomatología TEA	Contexto real	Juego naturalista	27 TEA, 27 control	54	2 años	Skin ConductanceLevel (Tónica), <i>ADOS-2</i>	Correlaciones SCL con comportamientos repetitivos y estereotipados. Aumento SCL juguetes dinámicos. Descenso en juguetes estáticos

### 2.3.2 Movimiento Ocular (*eye tracking*)

El movimiento de nuestros ojos es un elemento fundamental que, desde las primeras horas de vida, refleja la capacidad que los seres humanos tienen para interactuar con el mundo circundante (Pfeiffer, Vogeley & Schilbach, 2013), comunicarse con sus pares (Kleinke, 1986) y gestionar las emociones que de dichas interacciones se pueden derivar (Wagner, Hirsch, Vogel-Farley, Redcay & Nelson, 2013; Watanabe, Miki & Kakigi, 2002), siendo un mecanismo de carácter automático e implícito (Langton, Watt & Bruce, 2000). Para ello, se utilizan dispositivos que hacen uso de un monitor especial que lanza rayos infrarrojos hacia el ojo del participante. La dirección que siguen va de la pupila del usuario al dispositivo, permitiendo de este modo calcular con precisión, como vemos en la figura 2.16, lo que está mirando, cuanto tiempo permanece en un punto en concreto o los movimientos que pueden hacer sus ojos hacia aquellas zonas que despiertan un mayor interés. Además, se suele extraer información sobre sus intenciones o su estado de ánimo.

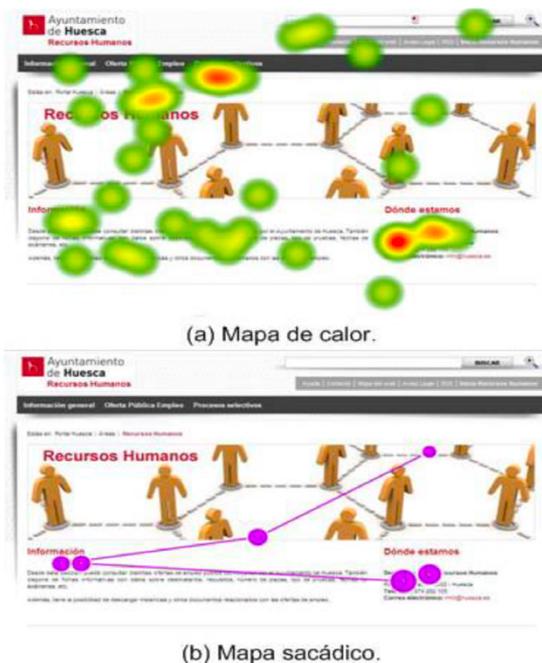


Figura 2.16: (a) Mapa de calor basado en el tiempo de permanencia en un punto concreto  
 (b) Ejemplo de ruta hacia áreas que despiertan interés en el participante  
 (Hupont, Cerezo, & Baldassarri, 2008).

Su medición se realiza mediante soluciones tecnológicas que pretende extraer información del usuario a través de sus movimientos oculares. Los principales movimientos de los ojos que se suelen estudiar están definidos en la figura 2.17 (Vidal, Turner, Bulling & Gellersen, 2012). La importancia del estudio dichos movimientos oculares en población TEA, radica en la presencia de un patrón atípico, cuyo déficit se encuentra relacionado con las principales áreas de afectación, tales como las interacciones sociales, el contacto visual inusual o la capacidad imitativa (American Psychiatric Association, 2013).

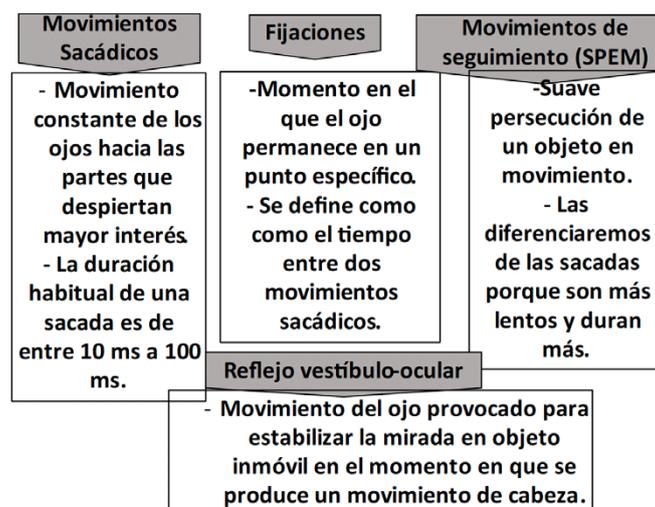


Figura 2.17: Principales movimientos oculares registrados por el dispositivo *eye tracking*.

Para la revisión de la literatura en cuanto al uso del *eye tracking* en el campo del TEA, las investigaciones se han agrupado siguiendo los siguientes criterios: la presencia de un estímulo de carácter estático o dinámico, el contenido estimular, la presencia de áreas o regiones concretas de interés (AOI), grupos poblacionales, número y edad muestral, medida de movimiento ocular aplicada y resultados obtenidos.

Atendiendo a criterios de estatismo estimular recogidos en la tabla 2.8, las experiencias científicas han empleado rostros emocionales o la conjunción de éstos con paisajes (Fletcher-Watson, Leekam, Benson, Frank & Findlay, 2009), objetos (Van Der Geest, Kemner, Verbaten & Van Engeland, 2002), animales (Wilson, Brock & Palermo, 2010) o la presencia de mirada directa o evitativa (Freeth, Chapman, Ropar & Mitchell, 2010). Además, se estudió el comportamiento ocular frente a áreas de interés concretas (AOI) de la cara, ojos y boca (Anderson, Colombo & Shaddy, 2006; Chawarska & Shic, 2009; Pelphrey, Sasson, Reznick, Paul, Goldman & Piven, 2002). En ellos, la medida más empleada fueron las fijaciones, concretamente su duración (Anderson et al., 2006; Bradshaw, Shic & Chawarska, 2011; Van Der Geest et al., 2002; Wilson et al., 2010). Al contrario, de lo que ocurría en el estudio del *EDA*, en el uso del *eye tracking* con estimulación estática, las experimentaciones presentamos diseños entre grupos, siendo el número de participantes elevado (Chawarska & Shic, 2009) y en rangos de edades tempranas (Key & Stone, 2012). Cuando se trata de estímulos estáticos, en general los resultados apuntan hacia un menor tiempo de permanencia en estímulos con carácter no social (Van Der Geest et al., 2002) o ante la presencia de rostros que los miraban de forma directa (Freeth et al., 2010), lo que podría guardar relación con los déficits asociados a la interacción social con sus pares o a la tendencia a evitar el contacto visual (American Psychiatry Association, 2013).

**Tabla 2.8:** *Uso de estímulos estáticos eye tracking.*

<i>Autor</i>	<i>Estímulo (estático/dinámico)</i>	<i>Naturaleza estímulo</i>	<i>Área de interés (AOI)</i>	<i>Grupos</i>	<i>Número de participantes</i>	<i>Edad</i>	<i>Medida utilizada</i>	<i>Resultados</i>
(Van Der Geest et al., 2002)	Estático	Rostros emocionales y objetos	----	16 TEA, 17 control	33	10 años	Tiempo de fijación	Mayor tiempo de fijación en figuras de carácter social en ambos grupos
(Pelphrey et al., 2002)	Estático	Rostros emocionales	Ojos y la boca	5 TEA, 5 control	10	Adultos	Frecuencia de rastreo	TEA recorrido visual atípico rostros con expresión emocional
(Anderson et al., 2006)	Estático	Rostros, objetos, animales y paisajes	Ojos, boca y cabeza	9 TEA, 12 control, 6 PDD-NOS*, 6 DD*	33	12-72 meses	Tiempo de fijación. Contracción pupilar	TEA tiempos de fijación fueron menores en situaciones sociales, (ojos, boca o cabeza). Mayor contracción pupilar. Correlaciones negativas cuestionario ADOS comportamientos repetitivos y estereotipados y tiempo de fijación en estímulos no sociales
(Spezio, Adolphs, Hurley & Piven, 2007)	Estático	Rostros en forma de burbuja. No realista	Ojos y la boca	10 TEA, 10 control	20	Adultos	Número de fijaciones	Número de fijaciones significativamente mayor en áreas no vinculadas a las interacciones sociales tales como la boca, y menor en zonas como los ojos
(Chawarska & Shic, 2009)	Estático	Rostros emocionales	Ojos, nariz, boca, pelo, frente/pómulos, resto fotografía o pantalla	40 TEA, 30 control	70	2-4 años	Tiempo de fijación	TEA mayor tiempo de fijación en regiones de carácter no social, (exterior de las fotografías). Comportamiento atípico en las distintas regiones faciales

<i>Autor</i>	<i>Estímulo (estático/dinámico)</i>	<i>Naturaleza estímulo</i>	<i>Área de interés (AOI)</i>	<i>Grupos</i>	<i>Número de participantes</i>	<i>Edad</i>	<i>Medida utilizada</i>	<i>Resultados</i>
(Fletcher-Watson, et al., 2009)	Estático	Fotografías realistas (oficina, cocina o jardín)	Cara, cuerpo y escena	12 TEA, 15 control	27	16-23 años TEA. 14-48 años Control	Tiempo primera fijación	TEA tendieron a realizarla en menor tiempo, apuntando a un menor nivel atencional
(Wilson et al., 2010))	Estático	Rostros, objetos, animales y paisajes	Rostro, objetos, animales y paisaje	13 TEA, 13 control	26	10-13 años TEA	Duración de la fijación	Duración de la fijación ante estímulos sociales (caras) y no sociales (objetos) fue menor en el grupo TEA
(Freeth et al., 2010)	Estático	Mirada directa y mirada Evitativa	Ojos y boca	24 TEA, 24 control	48	10-16 años	Medida el porcentaje fijación	Porcentaje de fijación más elevado en TEA en rostros mirada directa
(Bradshaw et al., 2011)	Estático	Rostro humano	----	21 TEA	41	36-48 meses	Tiempo de fijación	TEA mayor tiempo de fijación representaciones geométricas
(Key & Stone, 2012)	Estático	Rostro humano desconocido, cambiante en ojos y boca	Ojos y boca	20 riesgo medio TEA, 15 riesgo alto TEA	35	9 meses	Tiempo de duración y el número de fijaciones	No hallaron diferencias grupales entre ojos y boca

Si ponemos el foco en el dinamismo de los estímulos presentados en la tabla 2.9, los soportes de presentación estimular fueron en formato vídeo, cuyo contenido plasmaba interacciones sociales (Norbury, Brock, Cragg, Einav, Griffiths & Nation, 2009); Speer, Cook, McMahon, & Clark, 2007). En ellos existió una mayor concreción de áreas de interés: ojos, boca, cuerpo u objetos (Klin et al., 2002; Jones et al., 2008). Los tamaños muestrales se elevan más que en los estímulos estáticos alcanzando los 124 participantes (Noris, Barker, Nadel, Hentsch, Ansermet & Billard, 2011) e incluyendo además de grupo TEA y control, participantes con retraso en el desarrollo (Chawarska & Macari, 2012) y adultos (Nakano, T., Endo Y., Yamane Y., Yamamoto T., Nakano, Y., Ohta H., Kato N., & Kitazawa, 2010). Siguen siendo las fijaciones la medida más empleada, concretamente el tiempo de duración (Speer et al., 2007; Vivanti & Dissanayake, 2014) y el porcentaje de las mismas (Klin et al., 2002; Jones et al., 2008). El rango de edad muestral desciende a los 25 meses (Chawarska & Macari, 2012). Ante la presencia de estímulos de carácter dinámico, los resultados hallaron que los participantes TEA mostraron un menor interés en el área de los ojos (Norbury et al., 2009; Jones et al., 2008) o de los rostros (Vivanti & Trembath, 2014). Así mismo, los participantes TEA fijaron su mirada durante menos tiempo en escenas sociales (Chawarska & Macari, 2012). Dichos hallazgos se han vinculado a una menor competencia social (Klin et al., 2002).

También se ha analizado el comportamiento ante la presencia de rostros y objetos (Van Der Geest, 2002), animales (Wilson et al., 2010), figuras geométricas (Bradshaw et al., 2011) o juguetes, entendidas como variables sin carga social (Chawarska & Shic, 2009) tanto estáticos como dinámicos. En ellos, los pacientes TEA tendieron a permanecer más tiempo en contenido sin contenido social (Bradshaw et al., 2011), ya fuesen figuras geométricas o juguetes (Chawarska & Shic, 2009), independientemente de la movilidad del estímulo, hallando relaciones lineales inversamente proporcionales con respecto al cuestionario *ADOS* (comportamientos repetitivos y estereotipados) y el tiempo de fijación en estímulos no sociales (Anderson, Colombo & Shaddy, 2006).

Dado el contacto visual inusual presente en la sintomatología TEA (American Psychiatry Association, 2013), se estudió el porcentaje de fijaciones en rostros con mirada directa y evitativa en estimulaciones estáticas. Dicho porcentaje fue más elevado en pacientes TEA ante la presencia de rostros estáticos con mirada directa (Freeth et al., 2010). En cambio, Vivanti (2014), utilizó estimulación dinámica de rostros y acciones. Los resultados hallaron una duración de la fijación más elevada ante la presencia de acciones que ante el rostro en movimiento del terapeuta (Vivanti & Dissanayake, 2014).

Parsons (2016), en su revisión conceptual sobre el uso de la RV en la intervención y diagnóstico del TEA, profundizó en los patrones oculares ante estímulos sociales. Concluyó que, dichos pacientes presentaron un patrón ocular, donde el área de menor visualización fue la de los ojos. Además de las situaciones sociales, los estudios profundizaron en otras áreas que podían estar afectas en el TEA, tales como el juego (Shic et al., 2011) o la imitación (Vivanti & Dissanayake, 2014), comenzando a introducir contextos estimulares de mayor validez ecológica (Noris et al., 2012).

En contextos de juego, el tiempo de duración de la fijación fue menor en las regiones donde se producía el mismo, desviando los pacientes TEA su mirada hacia el fondo de la imagen. Dichos resultados se invirtieron cuando en contexto de juego no estaba presente, apuntando hacia una posible relación de este comportamiento con una mayor afectación en el área social y emocional (Shic, Bradshaw, Klin, Scassellati

& Chawarska, 2011). Hosozawa (2012) halló una mayor visualización del fondo de la escena frente a las caras presentadas, apuntando que dicho patrón puede derivar en un futuro hacia una interacción social empobrecida y hacia una mayor afectación en el desarrollo comunicativo (Hosozawa, Tanaka, Shimizu, Nakano & Kitazawa, 2012).

En contextos de imitación, la duración de las fijaciones fue menor en el grupo TEA respecto a la visualización del rostro del terapeuta, incrementándose cuando prestaban atención a sus propias acciones imitativas (Vivanti & Trembath , 2014).

En contextos estímulares reales, los resultados indicaron que los pacientes TEA tuvieron una mayor tendencia a mirar hacia abajo y explorar los laterales de la escena, resultados que pueden guardar relación hacia la hipersensibilidad estimular del mundo real frente al estatismo de imágenes fijas (Noris et al., 2011).

**Tabla 2.9:** *Uso de estímulos dinámicos eye tracking.*

<i>Autor</i>	<i>Estímulo (estático/dinámico)</i>	<i>Naturaleza estímulo</i>	<i>Área de interés (AOI)</i>	<i>Grupos</i>	<i>Número de participantes</i>	<i>Edad</i>	<i>Medida utilizada</i>	<i>Resultados</i>
(Klin et al., 2002)	Dinámico	Clip Película. “Who’s Afraid of Virginia Woolf”	Boca, ojos, cuerpo y objetos	15 TEA, 15 control	30	15.4 años TEA, 17.9 años control	Tiempo de fijación por área. Porcentaje de duración fijación.	Tiempo de fijación fué dos veces mayor en la boca y objetos (área no social) y dos veces menor en los ojos (área social) pacientes TEA. No hallando correlaciones en competencia social (ADOS). El porcentaje de fijaciones, medida correlacionable con una competencia social y un menor grado de afectación (ADOS)
(Speer et al., 2007)	Estático vs dinámico	Clip Película. “Who’s Afraid of Virginia Woolf”. Estímulos con un solo personaje e imágenes estáticas.	Social estático. Social dinámico. No social estático. No social dinámico	11 TEA, 11 control	22	9-18 años	Duración de la fijación	Patrones oculares tendieron a diferir entre los grupos durante la estimulación dinámica de carácter social, pero no en la estática.
(Jones et al., 2008)	Dinámico	Video terapeuta, mirada directa intentando atraer la atención del participante	Boca, ojos, cuerpo y objetos	15 TEA, 15 retraso desarrollo, 36 control	66	2 años	Tiempo de fijación por área. Porcentaje de duración fijación	TEA mayor tiempo de fijación en la boca, habiendo una disminución en los ojos. Vinculando resultado con una mayor afectación en el espectro
(Norbury et al., 2009)	Dinámico	Video cafeterías con contenido emocional	Boca, ojos, cuerpo y objetos	28 TEA, 18 control	46	14.9 años	Tiempo de fijación	TEA menor tiempo de fijación en los ojos y fijaciones más lentas en la boca

<i>Autor</i>	<i>Estímulo (estático/dinámico)</i>	<i>Naturaleza estímulo</i>	<i>Área de interés (AOI)</i>	<i>Grupos</i>	<i>Número de participantes</i>	<i>Edad</i>	<i>Medida utilizada</i>	<i>Resultados</i>
(Nakano et al., 2010)	Dinámico	Video diálogos entre los personajes	----	25 niños TEA, 35 niños control, 27 adultos TEA, 27 adultos control	124	4-11 niños TEA, 2-7 niños Control, 29.5 adultos TEA	Patrón mirada	Preferencias en la boca se invirtieron con el desarrollo y evolución de los participantes TEA
(Noris et al., 2011)	Dinámico	Contexto Real interacciones con personas	----	12 TEA, 12 control	24	2-8 años	Ángulos de visión horizontal y vertical	TEA tuvieron una mayor tendencia a mirar hacia abajo y explorar los laterales de la escena
(Chawarska, MacAri, & Shic, 2012)	Dinámico	Grabación <i>ad-hoc</i> actriz con mirada directa y juguetes	Cara actriz (social estático) y juguetes (social dinámico)	54 TEA, 22 retraso desarrollo y 48 control	124	13-25 meses	Tiempo de fijación	TEA menor tiempo de fijación en escenas de carácter social, específicamente en la cara
(Hosozawa et al., 2012)	Dinámico	Diálogos entre los personajes	Caras y fondo	25 TEA, 25 control y 16 retraso desarrollo lenguaje	66	58.3 TEA, 37.7 Control, 30 retraso desarrollo lenguaje	Patrón mirada	Una mayor visualización del fondo de la escena frente a las caras. dicho patrón puede derivar en un futuro hacia una interacción social empobrecida y mayor afectación en el desarrollo comunicativo
(Vivanti, Trembath & Dissanayake, 2014)	Dinámico	Video tareas de imitación de un terapeuta	Cara, acciones	28 TEA, 17 retraso desarrollo y 17 control	62	44-48 meses	Tiempo de fijación	Menor en el grupo TEA respecto a la visualización del rostro del terapeuta, incrementándose cuando prestaban atención a sus propias acciones imitativas
(Vivanti & Dissanayake 2014)		Video mirada directa y evitativa del clínico	Cara de la persona presentada	10 TEA y 25 control			Tiempo de fijación	TEA descenso ante mirada directa

La conjunción de mediciones fisiológicas como la actividad electrodermal y el *eye tracking* en un único estudio, tal como muestra la tabla 2.10, no ha sido tan abundante como la investigación de una u otra medida en solitario. Estos trabajos, que han optado por la unión de ambas, se han centrado en la sensibilidad de la población TEA ante estímulos novedosos (Van Engeland, Roelofs, Verbaten & Slangen, 1991), capacidad de anticipar estados emocionales (Al-Omar, Al-Wabil, & Hosny, 2013) o en el estudio de la atención de carácter social (Dijkhuis, Gurbuz, Ziermans, Staal & Swaab, 2019), haciendo uso de estimulación de carácter dinámico. En cuanto a los resultados, no se encontraron diferencias significativas ni en la medida electrodermal SCR (Van Engeland et al., 1991) ni SCL (Louwerse, van Der Geest, Tulen, van der Ende, Van Gool, Verhulst & Greaves-Lord, 2013), aunque sí una relación lineal estadísticamente significativa, entre esta última y la gravedad sintomatológica del TEA (Dijkhuis et al., 2019). Cabe señalar también, los hallazgos que apuntan hacia capacidad del *EDA* y de la contracción pupilar como medidas anticipatorias de estados emocionales (Al-Omar et al., 2013). A pesar de los resultados, la elevada edad de los participantes, la cual oscila entre los 9 y los 37 años, deja de lado una muestra de edades más tempranas, que podría asociarse mejor a la aparición de los síntomas de la afección, sin ser la terapia un condicionante para los mismos.

**Tabla 2.10:** Actividad electrodermal y eye tracking en TEA.

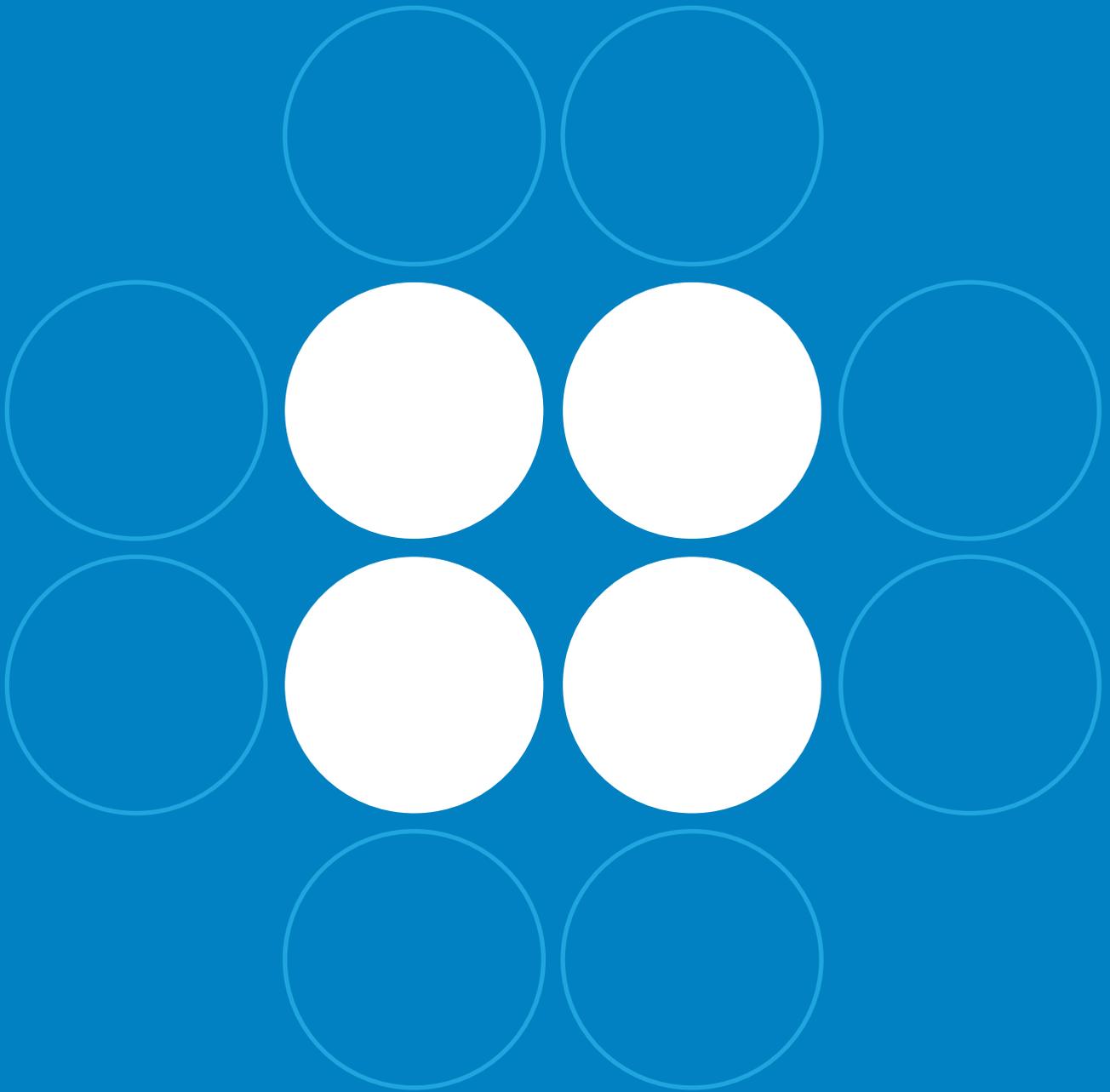
<i>Autor</i>	<i>Estímulo (estático/dinámico)</i>	<i>Naturaleza estímulo</i>	<i>Área de interés (AOI)</i>	<i>Grupos</i>	<i>Número de participantes</i>	<i>Edad</i>	<i>Medida utilizada</i>	<i>Resultados</i>
(Van Engeland et al., 1991)	Sensibilidad estímulos visuales nuevos y relación con CI y CARS	Pantalla de TV	Visual. Imágenes estáticas no familiares	30 TEA 20 control 20 afección psiquiátrica externa 20 afección psiquiátrica interna	90	9 -10 años	Skin Conductance Response eye tracking (diámetro pupilar y fijaciones)	TEA SCR más débil. No diferencias en habituación, ni correlaciones con CI ni CARS. No diferencias medidas <i>eye tracking</i>
(Al-Omar et al., 2013)	Alternativa comunicativa	Pantalla de TV	Visual y auditivo	TEA	31	20-37 años	EDA (no específica) <i>eye-tracking</i> (diámetro pupila)	EDA anticipa estados emocionales. Variaciones significativas diámetro pupila dependiendo emoción
(Louwerse et al., 2013)	Presencia de rostros humanos	Pantalla de TV	Visual. Imágenes estáticas humanos mirada directa, evitativa y ojos cerrados	31 TEA 34 control	65	16 años	Skin Conductance Response <i>eye tracking</i> (duración fijación)	TEA SCL no diferencias entre grupos. Duración de la fijación más elevada en ambos grupos con mirada directa
(Dijkhuis et al., 2019)	Estudio atención y afectación	Pantalla de TV	Visual y auditivo. Videoclips movimiento	52 TEA 31 control	83	20-22 años	Skin Conductance Level <i>eye tracking</i> (AOI)* Escala SRS	No diferencias entre grupos en medidas. TEA menor SCL en Línea de Base (no significativa). Correlación con gravedad sintomatológica y SCL

\*AOI (Áreas de Interés) \*SRS (Social Responsiveness Scale)

Con todo ello concluimos que, a pesar de la amplia producción científica existente tanto en el uso de RV como de medidas fisiológicas en la investigación del TEA, existen limitaciones. En el caso de los contextos virtuales, la mayoría están dirigidos al tratamiento, dando de lado la parte diagnóstica. Además, hay un uso generalizado de entornos RV *Desktop*, sin incorporar mediciones de carácter implícito o cuantitativo. Por otra parte, tanto la actividad electrodermal como el *eye tracking*, han profundizado en patrones de comportamiento más próximos al diagnóstico, no abordando si pueden dichas medidas ser indicadores del resultado de una intervención terapéutica (Lydon et al., 2014; Papagiannopoulou et al., 2014). En cuanto a los contextos experimentales, se han centrado en entornos reales o en el uso de películas. Tampoco existe un estudio profundo de ambas mediciones implícitas a la vez y cuál sería su papel en el tratamiento y en el de la evaluación. Dichas limitaciones, podrían superarse incorporando a un único sistema, un *EVI*, que permita obtener una respuesta del participante similar a la que tendría en el mundo real (Georgescu, Kuzmanovic, Roth, Bente & Vogeley, 2014), a la par que se monitorizan las respuestas *EDA* y *eye tracking*, evaluando el papel que las mismas tienen tanto en la evaluación como en el entrenamiento y en la capacidad de discriminar sujetos TEA con sus pares normotípicos (Parsons, 2016).

# CAPÍTULO 3

## MARCO METODOLÓGICO



### 3.1 Introducción

Tras el análisis de la literatura planteada en el Capítulo 2, concluimos que el uso de la RV en el TEA se ha focalizado fundamentalmente en el tratamiento de síntomas asociados a la afección, pero dejando de lado la evaluación de la misma (Parsons, 2016). Además, en su mayor parte, fueron entornos de RV *Desktop*, con los cuales la capacidad de inmersión se ve reducida y también la capacidad de obtener una respuesta similar a la que se obtendría en un contexto real (Georgescu et al., 2014).

Si bien es cierto que experiencias como las de Cai et al. (2013); Maskey et al. (2014), iniciaron el uso de *EVI* como contextos con invasivos que permitían ganar en inmersión, sus resultados se basaron en respuestas cualitativas, sin incorporar dispositivos de medición fisiológica que hubiesen proporcionado información cuantitativa de las respuestas de los participantes.

Por el contrario, los contextos reales han sido los más empleados en la experimentación con medidas fisiológicas, tales como la actividad electrodermal. A pesar de la amplia literatura existente en cuanto a la relación de la actividad electrodermal, no se ha logrado un consenso en cuanto a la capacidad del *EDA* de diferenciar a sujetos TEA de pares normotípicos (Lydon et al., 2015). Si bien es cierto que estudios como los de Fenning et al. (2017); Prince et al. (2017), lograron hallar relaciones entre el grado de afectación obtenido mediante la batería diagnóstica *ADOS* y medidas electrodermales.

A pesar de los hallazgos descritos, la disparidad de dispositivos *EDA* empleados, ha podido condicionar los hallazgos, caracterizados por la heterogeneidad de los mismos. El resultado pudo ser producto de que cada uno de ellos se basó en una fase electrodermal distinta, lo que hace difícil discernir cuál puede ser de mayor utilidad a la hora de caracterizar a la población TEA (Lydon et al., 2015).

La disparidad de resultados electrodermales, contrasta con los obtenidos por otras medidas fisiológicas como el *eye tracking*, cuyos resultados fueron capaces de encontrar patrones de comportamiento ocular concreto en sujetos TEA (Klin et al., 2002). Dichas investigaciones se desarrollaron en contextos estimulares que emplearon como soporte monitores de PC, lo que pudo restar en los resultados validez ecológica e inmersión. Del mismo modo que con el uso de la RV *Desktop*, la respuesta de los usuarios en dicho contexto estimular, distaría del obtenido en un *EVI*, la cual sería similar a la obtenida en el mundo real (Georgescu et al., 2014).

A partir de las limitaciones descritas en la investigación con RV, *EDA* y *eye tracking*, se diseñaron 3 Estudios experimentales que conjugaron el uso de *EVI* y mediciones fisiológicas (actividad electrodermal y *eye tracking*).

Dadas las características de los sujetos TEA, los cuales pueden sentir rechazo hacia la pulsera de medición *EDA* o las gafas de *eye tracking*, en los Estudios n°1 y n°2 se conjugó el uso del *EVI* y de la pulsera de medición electrodermal, con el objetivo de que se familiarizarasen con los mismos.

Respecto a la estimulación sensorial, en ambos se produjo tanto a nivel visual, auditivo como olfativo, conjuntamente con tareas de respuesta al saludo (Estudio n°1) y de imitación total o parcial (Estudio n°2).

En el caso del Estudio nº3, se incorporó además gafas de *eye tracking* en un contexto estimular basado en un centro comercial, donde se dieron recreaciones visuales de las tareas que se realizan en la batería diagnóstica *ADOS-2*, a las que se añadió estimulación visual, auditiva y olfativa.

### **3.2 Objetivos**

#### **3.2.1 Estudio nº1: respuesta al saludo con estimulación visual, auditiva y olfativa.**

1.1 Estudiar la adaptación de los participantes TEA al uso del dispositivo de medición electrodermal y a la estancia dentro de un *EVI*.

1.2 Conocer las respuestas en las distintas fases electrodermales de los sujetos ante tareas de respuesta al saludo, a las que se fueron introduciendo paulatinamente estimulación visual, auditiva y olfativa.

1.3 Analizar las relaciones entre las baterías diagnósticas (*ADOS-2*, *ADI-R*, *Merrill Palmer* y *Short Sensory Profile*) y las medidas fisiológicas obtenidas dentro del contexto virtual de respuesta al saludo.

#### **3.2.2 Estudio nº2: tareas de imitación total o parcial con estimulación visual, auditiva y olfativa.**

2.1 Examinar la excitación electrodermal en sus distintas fases ante tarea de imitación total o parcial, con la introducción paulatina del canal visual, auditivo y olfativo.

2.2 Estimar las relaciones entre las baterías diagnósticas (*ADOS-2*, *ADI-R*, *Merrill Palmer* y *Short Sensory Profile*) y las medidas fisiológicas obtenidas dentro del contexto virtual de imitación total o parcial.

#### **3.2.3 Estudio nº3: tareas basadas en el *ADOS-2* dentro de un contexto virtual que reproduce un centro comercial, con estimulación visual, auditiva y olfativa.**

3.1 Analizar el comportamiento ocular, así como las variaciones de las distintas fases electrodermales en una sesión de evaluación y de entrenamiento, dentro de un contexto virtual inmersivo basado en un centro comercial con tareas similares a las de la batería *ADOS-2*.

3.2 Examinar las relaciones entre las respuestas fisiológicas obtenidas en la realización de tareas virtuales y las baterías diagnósticas *ADOS-2*, *ADI-R* y *Merrill Palmer*.

3.3 Evaluar la capacidad de relacionar las respuestas fisiológicas dentro de un *EVI* registradas en un cuestionario ad hoc, basado en la batería *ADOS-2* y la propia batería diagnóstica estandarizada.

### **3.3 Diseño experimental**

En lo que respecta al diseño experimental, se aplicó en los tres estudios uno mixto, el cual contó con dos grupos: grupo TEA y grupo con desarrollo típico, con un factor intrasujetos e intersujetos. Tal como muestra la figura 3.1, en el caso del Estudio nº1 y

nº2, se incluyeron tres niveles de estimulación (visual, auditiva y olfativa). Cada nivel contó con subniveles que correspondieron con cada una de las medidas electrodermales: Línea de Base, *Skin Conductance Level*, *Skin Conductance Response* y Ratio. Todas ellas explicadas en profundidad en el Capítulo 2, concretamente en el epígrafe, 2.3 *Mediciones Fisiológicas en el Trastorno del Espectro Autista: la actividad electrodermal y el seguimiento ocular (eye tracking)*.

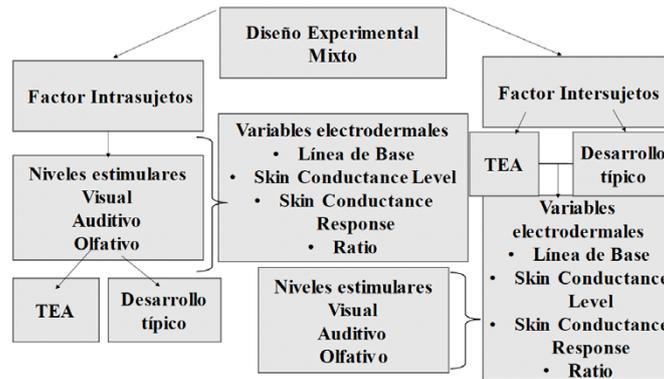


Figura 3.1: Diseño experimental Estudio nº1 y nº2.

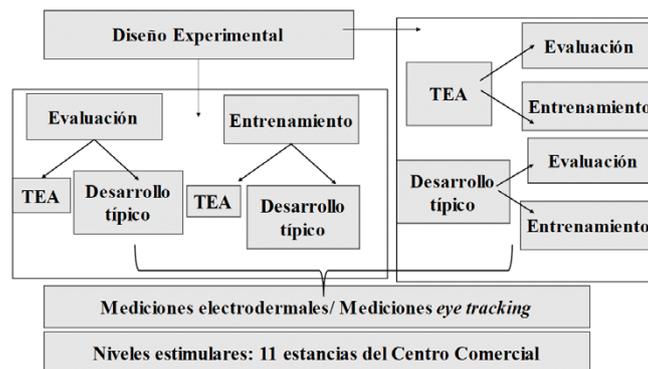


Figura 3.2: Diseño experimental Estudio nº3.

En el caso del Estudio nº3, se aplicó un diseño experimental mixto con dos grupos (grupo TEA y grupo con desarrollo típico) y dos factores intersujetos (sesión de evaluación y sesión de entrenamiento y grupo TEA y con desarrollo típico). Incluyó 4 niveles de estimulación *EDA* y 6 niveles proporcionadas por el dispositivo *eye tracking* (véase figura 3.2).

En los Estudios nº1 y nº2 se emplearon diseños experimentales de carácter transeccional correlacional/causal, que implicaron las variables electrodermales y las puntuaciones de las baterías diagnósticas del TEA (*ADOS-2*, *ADI-R*, *Merrill Palmer*, *Short Sensory Profile*). El mismo diseño se aplicó en el Estudio nº 3 pero introduciendo, además de las variables *EDA*, las obtenidas mediante el dispositivo *eye tracking* y las de baterías diagnósticas *ADOS-2*, *ADI-R*, *Merrill Palmer*, así como el cuestionario realizado ad hoc *EVI-TEA*. Dicho cuestionario fue aplicado exclusivamente en el Estudio nº3, dado el contenido del *EVI*, ya que, en él, a excepción de tareas de carácter manipulativo, se podían valorar las mismas áreas que en el *ADOS-2*. Por tanto, se pretendió validar si dicha herramienta en conjunción con el *EVI*, podría ser un instrumento que correlacionara con la batería estandarizada.

### 3.4 Participantes

Los tres estudios que conforman la presente Tesis Doctoral, el tipo de muestreo realizado para la selección de los participantes, ha sido de carácter no probabilístico por conveniencia, ya que se seleccionaron los participantes por criterios de accesibilidad, lo que dificultó la realización de subclasificaciones como se comentará en apartado 7.4 Limitaciones. Se tratará pues de un grupo heterogéneo, al ser la única población a la que se tuvo acceso y que, tal como se indica en el apartado de *Trabajo Futuro*, es un condicionante en la que habría que profundizar.

En el caso de los sujetos TEA, además, la selección atendió a criterios de edad (entre 3 y 7 años), que contaran con desarrollo del lenguaje (palabras sueltas, frases completas o discurso) y el aporte de un informe oficial que reflejase el diagnóstico en TEA.

Al tratarse todos ellos de estudios con menores, pertenecientes a un grupo vulnerable, se entregó a las familias antes de iniciar su participación un documento de autorización, recogido en el Anexo A.

En él se les informó que el fin de la investigación era la validación de un dispositivo de medición *EDA* y de *eye tracking* en el caso del Estudio nº3, dentro de un entorno virtual, teniendo dichos elementos un carácter no invasivo para los participantes. El documento informaba de los fines puramente experimentales, donde la información de sus hijos no quedaría almacenada más tiempo del necesario para obtener conclusiones de la presente investigación.

Se solicitó el permiso de participación, así como de grabaciones en vídeo o fotografías con uso exclusivo para congresos o futuras publicaciones científicas. En dicho documento las familias fueron informadas de que podían retirarse del estudio en cualquier momento, si así lo deseaban.

Todo el documento fue redactado acorde a la Declaración de Helsinki, corpus teórico sobre los principios éticos que deben de guiar la experimentación con seres humanos. Atendiendo al mismo, se tuvieron en cuenta las consideraciones recogidas en los siguientes artículos: aquellas referentes al respeto hacia los seres humanos (Artículo 8), a su derecho a decidir sobre las investigaciones en cuanto a participación a raíz del consentimiento informado (Artículos 20, 21 y 22), sobre el deber del investigador hacia los participantes y familias (Artículos 2, 3 y 10), así como una clara exposición sobre la necesidad de investigar sobre la evaluación del TEA haciendo uso de mediciones fisiológicas (Artículo 6). Se priorizó el bienestar del sujeto sobre el objetivo científico (Artículo 5), teniendo en cuenta que contamos con un colectivo vulnerable y en minoría de edad (Artículos 23 y 24) (Harriss & Atkinson, 2013).

### 3.5 Contenido Virtual

La totalidad de modelos en 3D, que sirvieron como contextos experimentales de la presente tesis doctoral, se desarrollaron en el Instituto de Investigación e Innovación en Bioingeniería (i3b) de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV).

#### 3.5.1 Entorno Virtual Estudio nº1

Iconográficamente, el Estudio nº1, representó un bosque, el cual no varió a lo largo de toda la experiencia. En él apareció un avatar mujer (véase figura 3.3). Contó con seis fases: tres de relajación previa a la estimulación y tres más donde se expuso

al participante a la respuesta al saludo del avatar conjuntamente con una estimulación visual, auditiva y olfativa. Dicho contexto virtual será descrito con mayor detalle en el Capítulo 4, concretamente en el epígrafe *Contenido del EVI*.



Figura 3.3: Imagen contenido Estudio n°1.

### 3.5.2 Entorno Virtual Estudio n°2

En lo que respecta al Estudio n°2, se utilizaron imágenes del bosque del Estudio n°1 para los estados de relajación. En cambio, para la estimulación de los participantes se empleó como contexto una ciudad donde un avatar chico y chica, iban apareciendo alternativamente (véase figura 3.4).

Primero realizaron acciones de imitación parcial con estimulación visual. Posteriormente de imitación total y estimulación olfativa y para finalizar, tareas de imitación parcial con estimulación olfativa.



Figura 3.4: Imagen contenido Estudio n°2.

Será en el Capítulo 5, en el epígrafe *Contenido del EVI*, donde se realizará una descripción más detalladas del mismo.

### 3.5.3 Entorno Virtual Estudio n°3

El Estudio n°3 contó con un contexto estimular basado en un centro comercial con diversas estancias. En ellas los participantes visualizaron el pasillo central de un centro comercial, una feria, librería, supermercado, sala de juegos y un cine (tanto con proyección de una película como sin ella) (véase figura 3.5).

Los participantes, en cada una de las estancias, debieron de realizar tareas basadas en el intrumento *ADOS-2* (juego libre, descripción de una imagen, respuesta al nombre, anticipación de una rutina con objetos, juego con burbujas, señalado, imitación funcional y simbólica, respuesta a la sonrisa social, anticipación de una rutina social, iniciación atención conjunta, respuesta a la atención conjunta y merienda). Se proporcionará información detallada del entorno en el Capítulo 6, *Contenido del EVI*.



Figura 3.5: Imagen contenido Estudio n°3.

Tecnológicamente, al tratarse de tres contextos con una resolución elevada que introduce diversas modalidades sensoriales, cuenta con factores clave que pudieron influir en el grado de presencia de los participantes (Slater, 2000). No obstante, la medición de dicho constructo psicológico, únicamente se ha evaluado en adultos normotípicos (Baños, Botella, Garcia-Palacios, Villa, Perpiñá & Alcaniz, 2000), por lo que no contamos con instrumentos testados para valorarlo en una muestra en edades tempranas, ni con la afección que nos ocupa. No obstante, cabe señalar, que el modelado de los avatares del Experimento n°3, se basó en registro o *tracking* de movimiento corporal y facial de una actriz, por lo que el grado de realismo del mismo podría ser elevado, favoreciendo que los usuarios percibiesen en contexto como real. A pesar de lo descrito, y tal y como se especifica en el apartado de *Limitaciones*, la falta de interacción del usuario con el entorno, pudo ser un condicionante en cuanto a la percepción del contexto virtual como real.

### 3.6 Técnicas de recogida de la información.

La actividad fisiológica proporcionada por la actividad electrodermal, en sus fases SCR, SCL y Ratio, fueron tomadas mediante un dispositivo con forma de pulsera comercializado con el nombre de *Empatica E4* ([www.empatica.com](http://www.empatica.com)), el cual ha obtenido la misma fiabilidad de resultados que con instrumentos de medición de carácter clínico (McCarthy, Pradhan, Redpath, & Adler, 2016).

Como se puede observar en la figura 3.6, es un dispositivo inalámbrico portátil, diseñado para la adquisición continua y en tiempo real de los niveles *EDA* en contextos reales. Es capaz de medir la fotopletismografía (de la cual se deriva el intervalo entre latido y latido del corazón), la temperatura y la aceleración a través de un acelerómetro de 3 ejes. Específicamente, los datos de *EDA* (0.001-100  $\mu$ S) se muestrearon a 4Hz.



Figura 3.6: Dispositivo Empática E4.

### 3.7 Estructura del Sistema del EVI.

La estructura del contexto estimular, como podemos ver en la figura 3.7, fue la de un *EVI*, situado físicamente en una habitación con paredes en blanco con unas dimensiones de 4 x 4 x 3 metros, que contaba con tres proyectores *Full HD Optoma* con una ratio de proyección de 0,33: 1, ubicados y anclados en un soporte metálico en la parte superior.

Ello permitió exponer a los participantes a proyecciones 3D con estereoscopia proyectada en 3 de las 4 caras de la habitación, generando de ese modo un contexto virtual envolvente.

Es un sistema de proyección de lente ultra corta (1920 x1080 píxeles) y con elevada luminosidad (4000 lúmenes). Sus características técnicas permitieron llevar a cabo proyecciones a menor distancia sin la aparición de sombras que pudiesen distorsionar la visión de los estímulos presentados a los participantes. Además, contaban con una gama cromática adecuada y fiable, lo que nos proporcionó la capacidad de reproducir imágenes de forma realista en lo que a la calidad cromática se refiere.

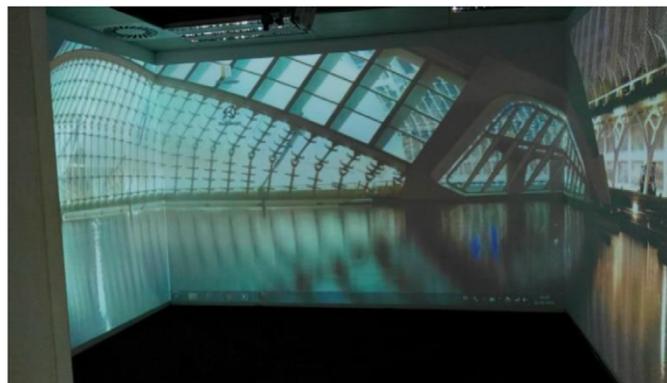


Figura 3.7: EVI.

El contenido 3D que lanzaban los proyectores estaba controlado por un sistema central. Concretamente, se trató de una Torre NZXT H440 USB 3.0 SpecialEdition. El sistema central, mediante una conexión vía wifi, permitió controlar la emisión de olores dentro del *EVI*. Dicha emisión se realizó utilizando el sistema Olorama Technology ([www.olorama.com](http://www.olorama.com)) (véase figura 3.8).

Se trata de un dispensador de olores inalámbrico que permite el uso de una paleta de hasta 70 olores distintos, capaces de cubrir una superficie de hasta 12 m<sup>2</sup>, controlando la intensidad y duración de la fragancia. Es un dispositivo de sencilla colocación. Dentro del *EVI* se hallaba ubicado en la esquina superior izquierda, con el fin de evitar que fuese un distractor experimental.

Concretamente, nuestro dispensador contó con 12 aromas dispuestos en 12 canales precargados, que se pueden seleccionar y activar mediante un paquete UDP. El dispositivo está equipado con un ventilador programable que disipa el olor. Tanto la intensidad del aroma elegido (cantidad de tiempo que la válvula de olor está abierta) como la cantidad de tiempo del ventilador se pueden programar.



Figura 3.8: Dispensador de fragancias *Olorama Technology*.

### 3.8 Procedimiento

Para los tres estudios que conforman la globalidad de esta investigación, se siguió el mismo procedimiento por el cual, las familias de los participantes fueron informadas sobre los objetivos de la investigación, las medidas y la ubicación del dispositivo, respetando los criterios éticos establecidos para la experimentación con seres humanos, tal como se ha especificado en apartados anteriores.

En el consentimiento informado se plasmó que la presente experimentación formaba parte de un proyecto general sobre el uso de medidas fisiológicas y RV para la evaluación y entrenamiento del TEA.

Para trabajar la anticipación de la experiencia, con independencia del grupo al que perteneciesen, se les envió una fotografía donde aparecía el participante, el investigador, las herramientas a utilizar (pulsera de medición electrodermal y *EVI*) y los pasos que se iban a seguir. Dicha anticipación personalizada fue enviada a las familias mediante mensajería automática para teléfonos móviles (véase Anexo B).

Una vez concertada la cita, a su llegada, las familias leyeron la información proporcionada por los investigadores, donde quedaba especificada la experiencia y a la que iba adjunto el consentimiento informado.

Tras la firma del mismo, el experimentador mostró al sujeto el *EVI* y sin proyectar ningún contenido, le preguntó u observó su grado de confortabilidad dentro del mismo.

Lo mismo con el dispositivo *Empática E4*, pidiéndole que la usara y ayudándolo a su colocación (véase figura 3.9) y preguntando u observando si se sentía cómodo con la

misma. Esta información sobre el grado de tolerancia indicado u observado, fue anotada en la hoja de registro de cada participante.

La colocación de la pulsera *EDA*, fue en la mano no dominante del participante y siempre en contacto con la piel, asegurándonos que estuviese seca (véase figura 3.10) A continuación, se mostró a los sujetos la habitación donde se encontraba ubicado el *EVI*, invitándolo a entrar y esperando a que el sujeto se encontrase cómodo dentro del mismo.

Una vez habituado al contexto, el investigador, el cual se encontró en todo momento dentro del *EVI* acompañando al sujeto, le indicó que se sentara en el centro de la habitación, iniciándose en ese momento la experiencia y el registro *EDA*.

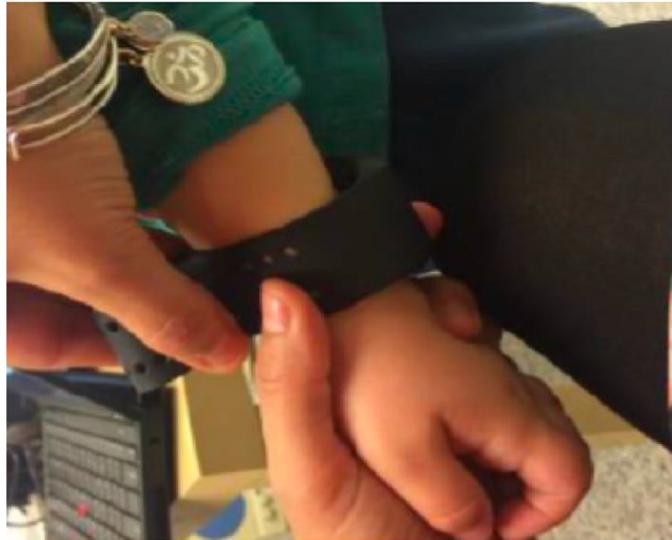


Figura 3.9: Momento de colocación en un participante de la pulsera *Empática E4*.

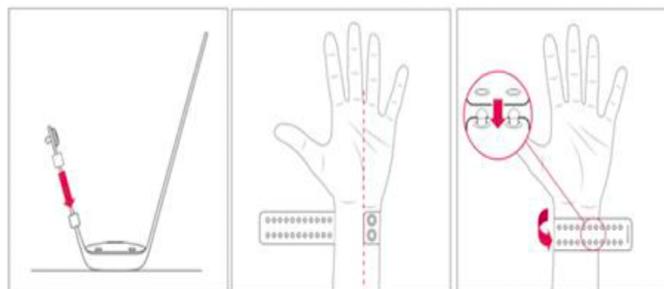


Figura 3.10: Ilustración colocación *Empática* para un correcto registro ([www.empatica.com](http://www.empatica.com)).

*Empática E4* grabó la señal mientras el participante miraba el contenido del entorno. Una vez finalizada la experiencia, el investigador realizó la marca o tag de finalización de la experimentación en el dispositivo, retirando el dispositivo de la muñeca del sujeto y acompañándolo de nuevo con su familia.

Posteriormente el investigador conectó la pulsera al *Empática Connect* para descargar los archivos de datos para su posterior análisis, siendo almacenados en un primer momento en un fichero que contenía: la codificación de los participantes, datos personales, resultados en cuestionarios de evaluación *TEA*, *ADOS-2*, *ADI-R*, *Merrill Palmer*, *Short*

*Sensory Profile* y resultados de las mediciones *EDA*. Estos datos fueron codificados con un número asignado a cada participante y a cada grupo, estando únicamente a disposición del investigador a los efectos de poder establecer correlaciones.

El pre procesado y el análisis de la señal de la actividad electrodermal, se realizó mediante el software de *Matlab Ledalab V3.4.8* ([www.ledalab.de](http://www.ledalab.de)). El pre procesado constó en dos fases:

(1) filtrado *Butterworth* de paso bajo a 2.5 Hz, debido a que la energía de los componentes SCL y SCR se concentra entre 0 y 2 Hz (Valenza & Scilingo, 2014).

(2) diagnóstico visual para la detección y corrección de artefactos. Para ello se aplicaron interpolaciones *spline* con periodos pre / post de 1 segundo alrededor de dichos artefactos. En cuanto al procesado, se aplicó el método de análisis de descomposición continua (CDA) 12, con el fin de extraer los componentes SCL y SCR.

Finalmente, para reducir las diferencias entre los sujetos, todos los valores se estandarizaron, utilizando una adaptación de la fórmula de Venables & Christie que permite valores negativos (McCarthy et al., 2016).

En el Estudio nº3 se incorporó el movimiento ocular, el cual se ha considerado como un dato fundamental para entender cómo la información visual que percibimos mediante el sentido de la vista, se trasmite a nuestro cerebro (Ditchburn & Ginsborg, 1953), siendo además un elemento de vital importancia para la interacción social (Pfeiffer et al., 2013), la comunicación (Kleinke, 1986) y de la gestión emocional (Wagner, Hirsch, Vogel-Farley, Redcay & Nelson, 2013).

La información de la mirada puede llegar a definirse cuantitativamente mediante soluciones tecnológicas como el *eye tracking*. Con el uso de dicha herramienta, es posible extraer información del usuario a través de sus movimientos oculares.

Para ello, el dispositivo hace uso de un monitor especial que lanza rayos infrarrojos hacia el ojo del participante. La dirección que sigue dicho infrarrojo, va de la pupila al dispositivo, permitiendo de este modo calcular con precisión lo que está mirando. La información que se suele extraer, es el lugar donde está mirando, qué elementos están llamando su atención y en qué momento, además de sus intenciones o su estado de ánimo (Guixeres, Bigné, Azofra, Raya, Granero, Hurtado & Ornedo, 2017). Los principales movimientos de los ojos que se suelen estudiar son: movimientos sacádicos, fijaciones, movimientos de seguimiento y el reflejo vestibulo-ocular (Vidal et al., 2012).

En el Estudio nº3 se empleó el dispositivo de *eye tracking Tobii Pro Glasses 2* (<https://www.tobii.com/es/products/tobii-pro-glasses-2/>). Se trata de una herramienta de seguimiento ocular portátil, que puede ser usada en cualquier entorno de la vida diaria. Cuenta con una frecuencia de muestreo de 50 Hz y con sistema de calibración en un solo punto, lo que facilita su uso en población TEA. Contienen una cámara Full HD en la parte superior central, un giroscopio y acelerómetro, dos cámaras por ojo y un micrófono (resolución de 1920 x 1080 píxeles, a 25 frames por segundo) (Rogers Speelman, Guidetti & Longmuir, 2018) (véase figura 3.11). Las grabaciones se almacenan en una unidad externa conectada al dispositivo. Dicha unidad almacena el registro en una tarjeta SD y tiene tamaño de bolsillo, aunque en el caso de los participantes de la presente investigación, dada su edad, se tuvo que hacer uso de una riñonera que sostuviese la unidad externa.

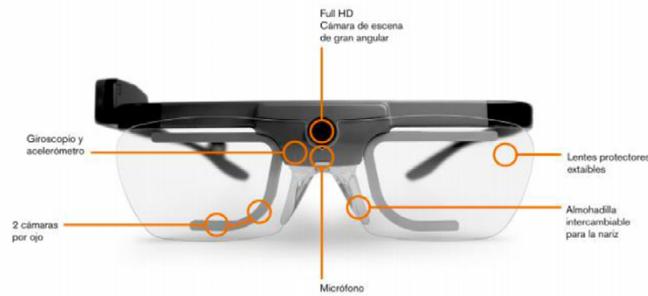


Figura 3.11: Componentes dispositivo Tobii Pro Glasses 2.

El fabricante informa de que cuentan con una precisión espacial de 0,63 grados a una distancia de 1,5 metros. Pero ello es el resultado de una condición experimental ideal, por lo que la calidad en cuanto a la precisión puede estar sobrestimada (Tobii, 2017).

Para su uso es necesario la instalación de un programa que controle el dispositivo. Para ello, se utilizó el software *Tobii Pro Glasses Controller*, el cual permite: la calibración del dispositivo, el registro de videos de imágenes oculares, el inicio y fin de la grabación, la gestión de los participantes, la exportación de videos y archivos de datos, registro de eventos y medidor de comportamiento oculares.

Para el análisis o visualizaciones de las grabaciones se instaló el software *Tobii Pro Lab*, el cual brinda herramientas como la creación de áreas de interés o archivos de datos con las fijaciones y sacadas que ha realizado el sujeto durante la experiencia.

Los datos sobre *eye tracking* empleados en Estudio n°3 fueron las fijaciones y movimientos sacádicos. Con dicha información se calculó el promedio de fijaciones y de movimientos sacádicos realizado por los sujetos durante la experiencia, el tiempo promedio de duración de ambos y la frecuencia con la que se produjeron. El cálculo de la frecuencia, se realizó tras dividir el promedio de fijaciones o sacadas entre el promedio de tiempo de duración de los mismos.

### 3.9 Plan de trabajo

El desarrollo de la investigación se llevó a cabo en diversas fases, tal como muestran la tabla 3.1 y tabla 3.2.

La primera de ellas se centró en el planteamiento del problema a investigar, así como de describir los objetivos. Se desarrolló el marco teórico y se llevó el diseño del marco metodológico.

Durante la segunda la investigación se focalizó en la revisión de la literatura con respecto a la aplicación de la RV y mediciones fisiológicas en el ámbito del TEA.

Finalmente se llevaron a cabo los 3 estudios y se analizaron los datos obtenidos de los mismos, con el fin de obtener resultados.

**Tabla 3.1:** Plan de trabajo 2016-2018

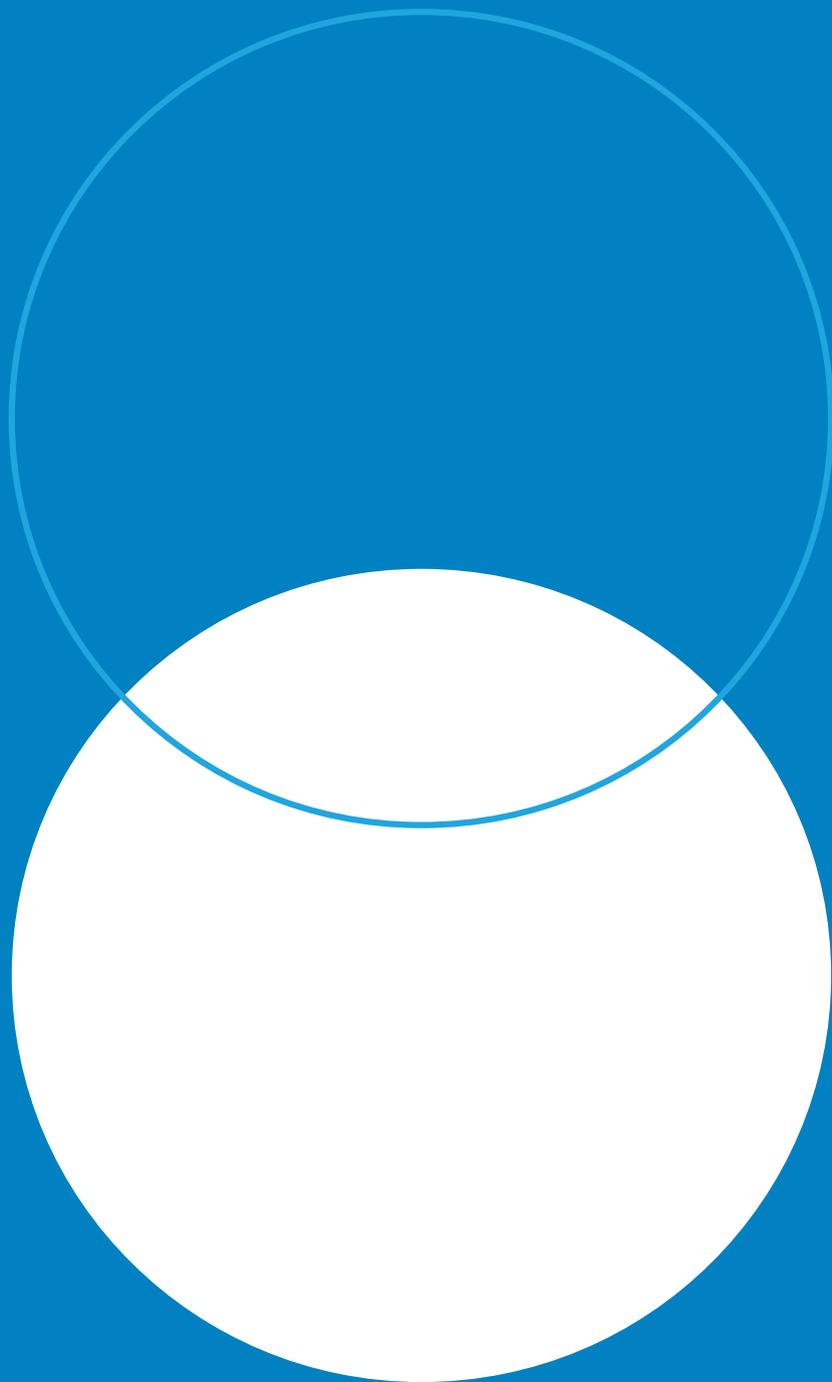
<i>Plan de trabajo</i>	<b>2016</b>												<b>2017</b>												<b>2018</b>											
	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>M</i>	<i>A</i>	<i>M</i>	<i>J</i>	<i>JL</i>	<i>A</i>	<i>S</i>	<i>O</i>	<i>N</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>M</i>	<i>A</i>	<i>M</i>	<i>J</i>	<i>JL</i>	<i>A</i>	<i>S</i>	<i>O</i>	<i>N</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>M</i>	<i>A</i>	<i>M</i>	<i>J</i>	<i>JL</i>	<i>A</i>	<i>S</i>	<i>O</i>	<i>N</i>	<i>D</i>
1. Planteamiento del problema y objetivos de la investigación	■																																			
2. Marco Teórico					■																															
3. Revisión de la literatura									■																											
4. Metodología													■																							
5. Estudio n°1																	■																			
6. Análisis de datos y resultados																					■															
7. Estudio n°2																									■											

**Tabla 3.2:** Plan de trabajo 2019-2020

<i>Plan de trabajo</i>	<i>2019</i>												<i>2020</i>											
	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>M</i>	<i>A</i>	<i>M</i>	<i>J</i>	<i>JL</i>	<i>A</i>	<i>S</i>	<i>O</i>	<i>N</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>M</i>	<i>A</i>	<i>M</i>	<i>J</i>	<i>JL</i>	<i>A</i>	<i>S</i>	<i>O</i>	<i>N</i>	<i>D</i>
8. Análisis de datos y resultados	■	■	■	■																				
9. Estudio n°3				■	■	■	■																	
10. Análisis de datos y resultados							■	■	■	■														
11. Conclusiones e implicaciones										■	■	■	■											
12. Extensiones, limitaciones y prospectiva																		■	■	■	■			

# CAPÍTULO 4

ESTUDIO N°1: ACTIVIDAD ELECTRODERMAL EN UN EVI  
BASADO EN LA RESPUESTA AL SALUDO



#### 4.1 Introducción

Como hemos puesto en relieve en el capítulo anterior, a pesar de los avances en la investigación científica, todavía no tenemos una definición universal y técnicamente aceptada para el TEA, debido a la dificultad para describir, comprender y diagnosticar su origen y las diversas alteraciones asociadas (Albores-Gallo, Hernández-Guzmán, Díaz-Pichardo & Cortes-Hernández, 2008). Pero dentro de dicha complejidad, existe una alteración común y es el elevado nivel de estrés ante situaciones poco predecibles (Paula-Pérez & Martos-Pérez, 2009). Dicha activación puede ser medida mediante la actividad fisiológica o *EDA*, que cuenta con una amplia investigación, aunque con resultados heterogéneos (Lydon et al., 2014).

El avance en dichos trabajos de medición fisiológica en la población TEA, ha venido de la mano de la aparición de dispositivos mínimamente invasivos tales como: guantes con un LED (Picard & Klein, 2002), brazaletes (Andre, Pelletier, Farringdon, Safier, Talbott, Stone, Vyas, Trimble, Wolf, Vishnubhatla, Boehmke, Stivoric, Stivoric & Teller, 2006) o pulseras (Hedman, Wilder-Smith, Goodwin, Poh, Fletcher & Picard, 2009), los cuales se han utilizado para el estudio del procesamiento auditivo (Chang et al., 2012; Palkovitz & Wiesenfeld, 1980; Stevens & Gruzelier, 1984), el nivel de desarrollo cognitivo (Zahn et al., 1987), los estados emocionales (Allen et al., 2013; Shalom et al., 2006), la respuesta a interacciones sociales (Hirstein et al., 2001), a estímulos sensoriales (Schoen et al., 2008; McCormick et al., 2014) e incluso asociando dicha activación a la sintomatología del TEA (Fenning et al., 2017; Prince et al., 2017), pero sin un consenso generalizado de la utilidad de la medida. Dicha controversia se ve reflejada en la disparidad de resultados. Mientras que experiencias como las Joseph et al. (2008) han evidenciado la diferente reactividad electrodermal entre sujetos TEA y con desarrollo típico, otras, como la de Kaartinen et al. (2012) no han logrado establecerlas.

Otra limitación en el estudio del *EDA* es la variabilidad de contextos en los que se han llevado a cabo las experimentaciones. Mayoritariamente han sido contextos reales (Schoen et al., 2008), en los que no hay capacidad de control experimental (Loomis et al., 1999) o contextos digitales con poca verosimilitud con las condiciones estímulares del mundo real (Stagg et al., 2013). En ambos casos, la respuesta del sujeto diferirá a la que tendría en una situación cotidiana.

Es de la mano de los *EVI*, salas virtuales no invasivas (Perhakaran et al., 2015), donde podemos encontrar un medio adecuado para la reproducción fiel de entornos estímulares reproducidos digitalmente, donde monitorizar el comportamiento electrodermal, cuya respuesta genere marcadores cualitativos que estratifiquen el espectro, para poder adaptar el contexto a las necesidades de cada sujeto (Loth et al., 2015).

El Estudio nº1, tiene como objetivo general estudiar la adaptabilidad de los participantes a llevar una pulsera de medición electrodermal y a entrar dentro de un *EVI*. También, indagar en los patrones de excitación entre sujetos TEA y normotípico frente a una estimulación sensorial con tareas de respuesta al saludo y la relación de los mismos con las baterías diagnósticas.

Para dar respuesta al siguiente objetivo general se han establecidos los siguientes objetivos específicos con sus correspondientes hipótesis:

- Objetivo 1 (Ob. 1): Analizar el grado de adaptabilidad de los sujetos ante la exposición a un *EVI* y a la colocación del dispositivo de medición del *EDA*.

- Objetivo 1 (Ob. 1): Analizar el grado de adaptabilidad de los sujetos ante la exposición a un *EVI* y a la colocación del dispositivo de medición del *EDA*.

- Hipótesis 1 (*H1*): Existe el mismo grado de adaptación al *EVI* entre el grupo TEA y el grupo con desarrollo típico.

- Hipótesis 2 (*H2*): Se dio una menor adaptación al dispositivo de medición *EDA* por parte del grupo TEA que por parte de los participantes con desarrollo típico.

- Objetivo 2 (Ob. 2): En un contexto virtual de respuesta al saludo, estudiar la respuesta de los sujetos en las distintas medidas electrodermales ante la introducción paulatina del canal visual, auditivo.

- Hipótesis 3 (*H3*): Frente a tareas de respuesta al saludo, el patrón de excitación en estado de reposo será similar en sujetos TEA y con desarrollo típico, aumentando a medida que se introducen canales sensoriales.

- Hipótesis 4 (*H4*): La excitación general de los participantes, frente a estímulos respuesta al saludo, aumenta a medida que se produce la exposición visual, auditiva y olfativa, no habiendo un patrón de agitación distinto entre sujetos TEA y con desarrollo típico.

- Hipótesis 5 (*H5*): Ante la presencia de un estímulo concreto de respuesta al saludo, la excitación es diferente en los sujetos TEA y normotípicos, pero no habiendo un comportamiento dispar entre ambos.

- Hipótesis 6 (*H6*): El incremento de la excitación de los sujetos con respecto al estado de reposo, variará entre sujetos TEA y con desarrollo típico.

- Objetivo 3 (Ob. 3): Estudiar si la excitación frente a estímulos visuales, auditivos y olfativos y con tareas de respuesta al saludo, tienen relación con las puntuaciones de las baterías diagnósticas.

- Hipótesis 7 (*H7*): Existen una relación entre las baterías diagnósticas y las mediciones electrodermales en un contexto virtual de respuesta al saludo.

## 4.2 Método

Tal como podemos ver en la figura 4.1 y figura 4.2, llevamos a cabo un diseño experimental mixto que incluyó un factor intersujetos (grupos TEA y grupo DT) y un factor intrasujetos que contó con tres niveles de estimulación (Visual, Visual y Auditiva y Visual Auditiva y Olfativa). A su vez, cada nivel estimular, contaba con cuatro subniveles correspondientes a las mediciones proporcionadas por el *EDA* (Líneas de Base (LB), Skin ConductanceLevel (SCL), Skin Conductance Responde (SCR) y el cálculo de los Ratios (Ratio) (véase tabla 4.1).

**Tabla 4.1:** Descripción condiciones experimentales, señal EDA y abreviatura.

<i>Condición experimental</i>	<i>Medidas EDA</i>	<i>Abreviatura</i>
Línea de Base Visual	<i>Skin Conductance Response</i>	LB_V
Visual	<i>Skin Conductance Level</i>	SCL_V
	<i>Skin Conductance Response</i>	SCR_V
	Ratio = SCR/LB_V	Ratio_V
Línea de Base Visual y Auditiva	<i>Skin Conductance Response</i>	LB_VA
Visual y Auditivo	<i>Skin Conductance Level</i>	SCL_VA
	<i>Skin Conductance Response</i>	SCR_VA
	Ratio = SCR/LB_VA	Ratio_VA
Línea de Base Visual, Auditiva y Olfativa	<i>Skin Conductance Response</i>	LB_VAO
Visual, Auditivo y Olfativo	<i>Skin Conductance Level</i>	SCL_VA
	<i>Skin Conductance Response</i>	SCR_VA
	Ratio = SCR/LB_VAO	Ratio_VA

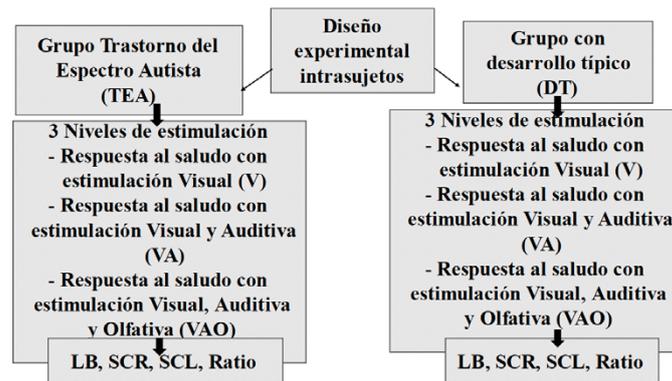


Figura 4.1: Diseño experimental intrasujetos.

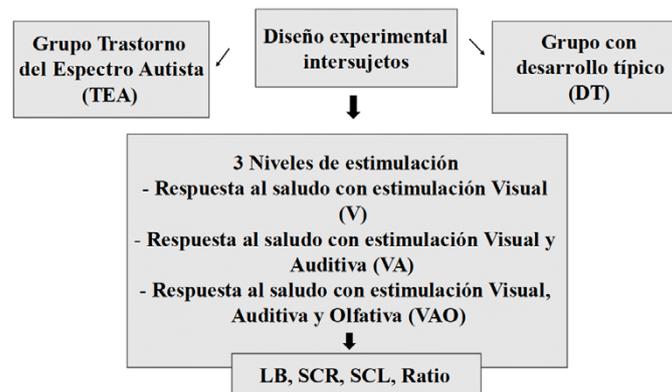


Figura 4.2: Diseño experimental intersujetos.

Se empleó un diseño experimental de carácter transeccional correlacional/causal, que implicó las variables electrodermales y las puntuaciones de las baterías diagnósticas del TEA (véase figura 4.3).

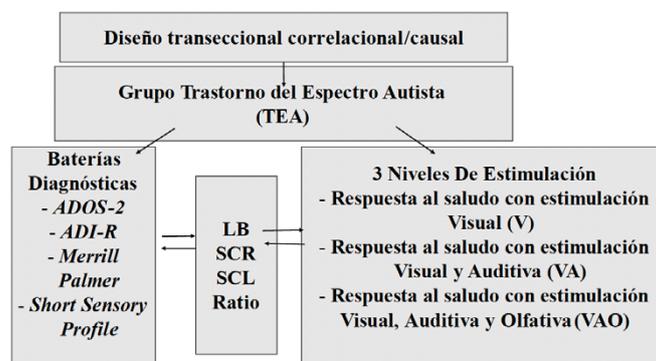


Figura 4.3: Diseño experimental correlacional.

#### 4.2.1 Participantes

La Experimentación nº1, como se observa en la tabla 4.2, contó con un total de 86 participantes en edades comprendidas entre los tres y siete años de edad divididos en dos grupos: 46 participantes contaban con un diagnóstico en TEA con una media de edad (M) de 5.17 y una desviación estándar (DE) de 1.56, mientras que 40 de los participantes no presentaban ninguna sintomatología asociada al TEA o a cualquier Trastorno del Neurodesarrollo, siendo niños con desarrollo típico (M= 4.80 DS= 1.15).

Tabla 4.2: Características de la muestra Experimentación nº1.

Muestra	Grupo con Desarrollo Típico (Grupo DT) n=47	Grupo TEA (Grupo TEA) n=46
Media de edad	4.80	5.17
Desviación estándar	1.15	1.56
Sexo masculino	23	40
Sexo femenino	17	6

Los criterios de exclusión para todas las investigaciones se fijaron, además de en los referentes a la edad, en la presencia de la intolerancia a llevar la pulsera de medición de EDA y en el hecho de no contar con un diagnóstico en TEA realizado por un psicólogo o neuropsiquiatra infantil, además de no tener ningún tipo de desarrollo del lenguaje. Únicamente se incluyeron participantes que eran capaces de pronunciar palabras, frases o mantener un discurso. Los participantes normotípicos (grupo DT) quedaron excluidos si padecían sintomatología asociada a un Trastorno del Neurodesarrollo o superaban los 7 años de edad. En ambos grupos de participantes, quedaron excluidos todos aquellos que contaron con discapacidad de carácter visual.

El grupo de participantes con desarrollo típico (grupo DT), fue reclutado a través de empresas de gestión de muestra y de la difusión de la experimentación por redes sociales. En el caso del grupo TEA, (grupo TEA), procedieron de hospitales y centros de psicoterapia situados en Valencia, España.

La evaluación psicológica de los participantes con TEA se había llevado a cabo mediante diversas escalas: *ADOS-2*, *ADI-R*, *Merrill Palmer Revisada* y *Short Sensory Profile*. Únicamente 28 participantes del grupo TEA propocionaron los informes diagnósticos, con sus correspondientes puntuaciones. De ellas, tal como muestra la tabla 4.3, tabla 4.4 y tabla 4.5, de todas ellas se calcularon los promedios de las áreas evaluadas, así como la desviación estándar y las puntuaciones máximas y mínimas. De dichos resultados se deduce que el grupo TEA se trató de un grupo heterogéneo, lo que vino condicionado por la accesibilidad de la muestra.

La primera de ellas fue la escala *ADOS-2* (véase tabla 4.3). Se trata de un protocolo observacional que tiene un carácter semiestructurado y que, a través de una serie de actividades, se aplica tanto a personas de edades tempranas como a adolescentes o adultos con sospecha de TEA. Es una prueba diagnóstica de referencia capaz de evaluar el nivel comunicativo, la capacidad de interacción social y juego y el uso imaginativo de los objetos, además de proporcionar una puntuación global que indica el grado de severidad de la afección. Cuenta con cinco módulos, cuya aplicación se determina dependiendo de la edad cronológica del paciente y del grado de desarrollo del lenguaje adquirido (Lord et al., 2015).

**Tabla 4.3:** Puntuaciones de participantes diagnosticados con *ADOS-2* (n=28).

<i>Puntuaciones ADOS-2</i>				
Área	M	DE	Máximo	Máximo
Comunicación	2.75	1.43	14	3
Interacción social	7.89	3.39	20	5
Total, afectación social	10.64	4.43	20	5
Comportamiento restringido y repetitivo	2.75	1.71	8	1
Puntuación global	13.39	4.89	22	7

Determinados sujetos TEA contaban también con la prueba de evaluación específica *ADI-R* (Rutter, Le Couteur & Lord, 2006). Se trata de una prueba basada en los criterios observacionales y cuantitativos de las familias, sujetos a su grado de percepción de la problemática de su hijo. Se trata de una herramienta que ha demostrado su validez en cuanto al diagnóstico y en el diseño de planes educativos y de tratamiento del TEA (Lord et al., 1994). Explora tres áreas relacionadas con la sintomatología central del TEA en pacientes con una edad mental superior a los 2 años de edad. Evalúa el desarrollo del lenguaje y la capacidad comunicativa del paciente, la calidad de las interacciones sociales de carácter recíproco del niño, la presencia de conductas e intereses restringidos, repetitivos y estereotipados y el comportamiento general del paciente (Rutter et al., 2006). La versión revisada de 2006 incluye cuestiones acerca del señalado a distancia para expresar interés, excluyendo de ese modo el gesto de carácter instrumental y consultas acerca de la percepción de los sonidos para valorar la sensibilidad hacia los mismos. También se valora el grado de la apertura social y el rango de intenciones manifestadas, la sonrisa social, pero de carácter recíproco y los contextos en los que se produce (véase tabla 4.4).

**Tabla 4.4:** Puntuaciones de participantes diagnosticados con ADI-R (n=28).

<i>Puntuaciones ADI-R</i>				
Área	M	SD	Máximo	Máximo
Interacción social	12.18	5.44	23	3
Comunicación social	9.32	4.06	21	6
Patrones de conducta restringidos, repetitivos y estereotipados	2.96	2.13	10	5
Anormalidades en el desarrollo antes de los 36 meses	3.84	1.21	5	2

Dependiendo del centro de psicoterapia de procedencia, algunos de los participantes contaban con una evaluación previa respecto a su grado de desarrollo y nivel intelectual evaluados mediante la Escala de Desarrollo *Merrill Palmer Revisada*, ya que se usa como información complementaria al diagnóstico. Se trata de una herramienta de carácter observacional que, mediante un batería de test que se aplican individualmente al paciente, proporciona información sobre el desarrollo global. Su aplicabilidad va enfocada a niños entre 1 mes y 6 años y medio, mediante el uso de elementos manipulativos e interactivos como juguetes, láminas e ilustraciones a color o tareas de imitación. Con ello se evalúan de 5 grandes áreas: desarrollo cognitivo, lenguaje y comunicación, desarrollo a nivel motor, desarrollo socio-emocional y presencia o ausencia de conductas adaptativas. Incluye escalas complementarias que evalúan la memoria, velocidad de procesamiento y coordinación visomotora (Roid & Sampers, 2011).

Dada la presencia de los déficits de carácter sensorial presentes en los pacientes TEA, algunas de las familias accedieron a completar un cuestionario con capacidad de evaluar el su funcionamiento sensorial. Para ello se utilizó el instrumento diagnóstico *Short Sensory Profile*, que es la versión abreviada de *Child Sensory Profile 2* que proporciona información sobre aquellos estímulos sensoriales que pueden resultar aversivos. (véase Tabla 4.5). Se estructura alrededor de cuatro cuadrantes: *perfil buscador* (grado en el que el niño obtiene estímulos sensoriales por sí mismo), *perfil evitador* (grado en el que el niño está evitando estímulos sensoriales por sentirse sobrepasado por éstos), *sensibilidad sensorial* (intensidad en el que el niño detecta y percibe los estímulos) y *registro sensorial* (el nivel de pérdida de estimulación sensorial por una falta de registro estimular) (Dunn & Westman, 1997).

**Tabla 4.5:** Puntuaciones de participantes TEA diagnosticados con *Short Sensory Profile* (n=25).

Área	M	DE	Máximo	Máximo
Buscador	15.12	5.95	28	2
Evitador	21.12	8.34	41	3
Sensibilidad	25.20	8.61	40	4
Registro	12.92	5.45	27	1
Sensorial	28.56	9.30	47	6
Comportamiento	46.24	14.93	77	4

#### 4.2.2 Técnicas de recogida de la información.

La información sobre la medición de la actividad electrodermal de los sujetos, las fases que la componen (Skin Conductance Level y Skin Conductance Response), las medidas obtenidas a partir de las mismas (Línea de Base y Ratio) y el dispositivo usado para el registro (*Empática E4*), han quedado plasmados en el Capítulo 3, en el epígrafe sobre 3.6 *Técnicas de recogida de la información*.

#### 4.2.3 Estructura del Sistema del EVI

Los distintos elementos que conforman el Entorno Virtual Inmersivo han sido descritos en el Capítulo 3, en el epígrafe que hace referencia a la 3.7 *Estructura del Sistema del EVI*.

#### 4.2.4 Contenido del EVI

Tal como podemos ver en la tabla 4.6, el contenido presentado dentro del EVI, tuvo una duración de 9.08 minutos y se dividió en 3 fases:

1ª Los participantes fueron estimulados visualmente durante 50.01 segundos (SCL\_V) (SCR\_V) (Ratio\_V).

2ª A la mencionada estimulación visual, se le añadió un estímulo auditivo durante 50.01 segundos (SCL\_VA) (SCR\_VA) (Ratio\_VA).

3ª En ella se añadió estimulación de carácter olfativo durante 50.01 segundos (SCL\_VAO) (SCR\_VAO) (Ratio\_VAO).

Cada una de las condiciones experimentales contó previamente con un contexto relajante que actuó como Línea de Base (LB\_V), (LB\_VA) y (LB\_VAO), además de contar con una cuenta atrás al inicio y final de la experimentación que permitió a los investigadores hacer una sincronización entre las distintas condiciones experimentales y el registro de la señal *EDA* para su posterior análisis. Dicha sincronización se realizó realizando una marca o tag pulsando manualmente el dispositivo *Empática E4* cuando el contador llegaba a cero (véase figura 4.4).

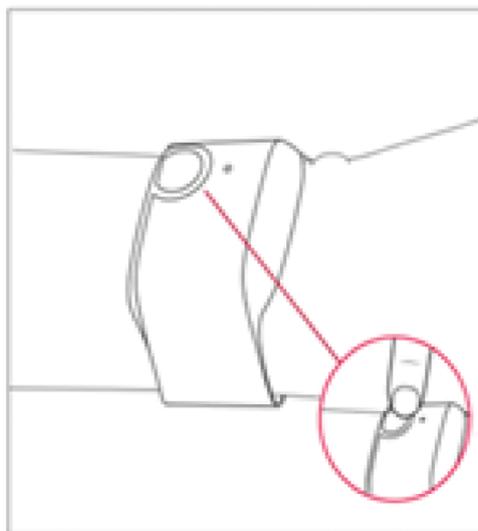


Figura 4.4: Ilustración para la realización de marca o tag de inicio o fin de la experiencia ([www.empatica.com](http://www.empatica.com)).

**Tabla 4.6:** Condiciones experimentales, estímulos presentados, abreviatura, tiempo de exposición y medidas EDA.

<i>Condición experimental</i>	<i>Estímulo presentado</i>	<i>Abreviatura</i>	<i>Tiempo de exposición</i>	<i>Medidas EDA</i>
Cuenta atrás inicio experiencia			10 segundos	
Línea de Base Visual	Imágenes de un bosque con música relajante	LB_V	125 segundos	SCR
Estímulo Visual (1° Fase)	Imágenes de un bosque en silencio con avatar saludando	SCL_V SCR_V RATIO_V	50.01 segundos	SCL SCR RATIO = SCR/LB
Línea de Base Visual y Auditiva	Imágenes de un bosque con música relajante	LB_VA	125 segundos	SCR
Estímulo Visual y Auditivo (2° Fase)	Imágenes de un bosque con avatar saludando y sonidos de tormenta y lluvia	SCL_VA SCR_VA RATIO_VA	50.01 segundos	SCL SCR RATIO = SCR/LB
Línea de Base Visual. Auditiva y Olfativa	Imágenes de un bosque con música relajante	LB_VAO	125 segundos	SCR
Estímulo Visual. Auditivo y Olfativo (3° Fase)	Imágenes de un bosque con avatar saludando, sonidos de tormenta y lluvia y olor a hierba fresca	SCL_VA SCR_VA RATIO_VA	50.01 segundos	SCL SCR RATIO = SCR/LB
Cuenta atrás final experiencia			10 segundos	
Tiempo de exposición total			548 segundos (9.08 minutos)	

Todas las condiciones mostraban imágenes de un bosque al atardecer, con árboles y flores. En la primera fase, en la cual se llevó a cabo únicamente una estimulación de carácter visual, un avatar aparecía desde el lado izquierdo del *EVI*, posicionándose en el centro del mismo desde donde saludó al participante en tres ocasiones, para posteriormente marcharse por el lado izquierdo (véase figura 4.5).

En la segunda fase, se añadió el sentido del oído a la estimulación visual de la condición anterior. Para ello, el avatar siguió el mismo recorrido por el entorno y realizó las mismas acciones, pero acompañadas de sonido de tormenta y lluvia.



Figura 4.5: Condición Visual (1ª Fase).

En la última de las fases, añadimos la estimulación olfativa a la visual y auditiva de las condiciones anteriores. Para ello, se añadió la emisión de olor a hierba recién cortada, a las imágenes del avatar y a los sonidos de tormenta y lluvia. La elección del olor se realizó con el fin de proporcionar coherencia a todos los estímulos presentados a los participantes.

Respecto a las condiciones de Líneas de Base previas a las condiciones experimentales, el entorno contó con imágenes del mismo bosque, pero con música de carácter relajante y sin la presencia de distractores en forma de avatares, sonidos estimuladores u olores (véase figura 4.6).



Figura 4.6: Línea de Base (LB).

Una vez finalizada la experiencia, el experimentador debía descargar la sesión del participante, en primer lugar, sincronizando el dispositivo con el software *Empática Mánager*, que alojaba la información registrada a el lugar web *Empática Connect*, donde se hacía un primer análisis visual de la validez del registro (véase figura 4.7).

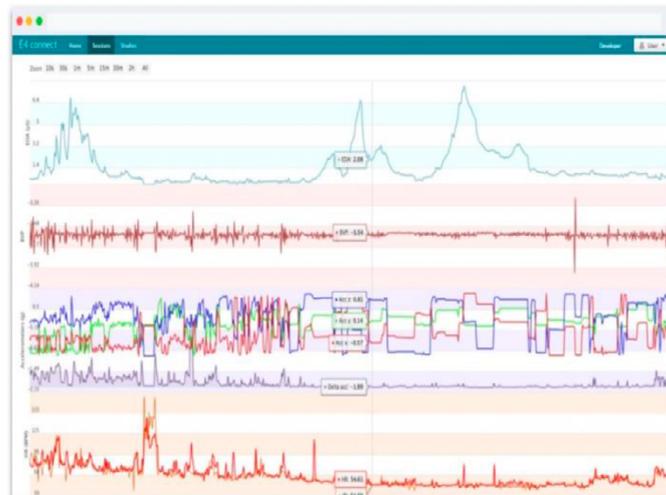


Figura 4.7: Resultado para primer análisis visual de un registro correcto ([www.empatica.com](http://www.empatica.com)).

#### 4.2.5 Procedimiento

Para los tres estudios que conforman la globalidad de esta investigación, se siguió el mismo procedimiento por el cual, las familias de los participantes fueron informadas sobre los objetivos de la investigación, las medidas y la ubicación del dispositivo, respetando los criterios éticos establecidos para la experimentación con seres humanos, tal como se ha especificado en apartados anteriores. Con el consentimiento informado se plasmó que la presente experimentación formaba parte de un proyecto general sobre el uso de medidas fisiológicas y realidad virtual para la evaluación y entrenamiento del TEA. Para trabajar la anticipación de la experiencia, aquellas familias que accedieron a participar, enviaron a los investigadores una fotografía del participante o bien una imagen de su dibujo animado favorito. En dicha anticipación y de forma pictográfica, se les explicó dónde iban, con quien se iban a encontrar, en qué consistía la actividad y que debían colocarse una pulsera. Una vez personalizada la anticipación pictográfica, los investigadores las hicieron llegar a las familias mediante mensajería automática para teléfonos móviles (véase Anexo B). Cabe señalar que la anticipación se realizó tanto para el grupo TEA como para los participantes del grupo con desarrollo típico.

Una vez concertada la cita, a su llegada, las familias leyeron la información proporcionada por los investigadores, donde quedaba especificada la experiencia y a la que iba adjunto el consentimiento informado.

Tras la firma del mismo, el experimentador mostró al sujeto el *EVI* y sin proyectar ningún contenido, se preguntó su grado de confortabilidad dentro del mismo. Lo mismo con el dispositivo *Empática E4*, pidiéndole que la usara y ayudándolo a su colocación (véase figura 4.8) y preguntando si se sentía cómodo con la misma, reportando dicha información, sobre tolerancia o no, a la hoja de registro de cada participante. dicha colocación fue en la mano no dominante del participante y siempre en contacto con la piel, asegurándonos que estuviese seca (véase figura 4.9). A continuación, se mostró a los sujetos la habitación donde se encontraba ubicado el *EVI*, invitándolo a entrar y esperando a que el sujeto se encontrase cómodo dentro del mismo. Una vez habituado al contexto, el investigador, el cual se encontró en todo momento dentro del *EVI* acompañando al sujeto, le indicó que se sentara en el centro de la habitación, iniciándose en ese momento la experiencia y el registro *EDA*.



Figura 4.8: Momento de colocación en un participante de la pulsera *Empática E4*.

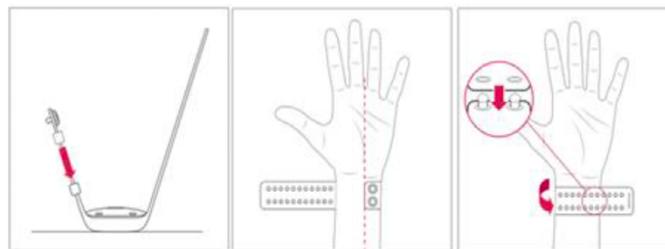


Figura 4.9: Ilustración colocación *Empática* para un correcto registro ([www.empatica.com](http://www.empatica.com))

*Empática E4* grabó la señal mientras el participante miraba el contenido del entorno. Una vez finalizada la experiencia, el investigador realizó la marca o *tag* de finalización de la experimentación en el dispositivo, retirando el dispositivo de la muñeca del sujeto y acompañándolo de nuevo con su familia.

Posteriormente el investigador conectó la pulsera al *Empática Connect* para descargar los archivos de datos para su posterior análisis, siendo almacenados en un primer momento en un fichero que contenía: la codificación de los participantes, datos personales, resultados en cuestionarios de evaluación TEA, *ADOS-2*, *ADI-R*, *Merrill Palmer*, *Short Sensory Profile* y resultados de las mediciones *EDA*. Estos datos fueron codificados con un número asignado a cada participante y a cada grupo, estando únicamente a disposición del investigador a los efectos de poder establecer correlaciones.

El pre procesado y el análisis de la señal de la actividad electrodermal, se realizó mediante el software de *Matlab Ledalab V3.4.8* ([www.ledalab.de](http://www.ledalab.de)). El pre procesado constó en dos fases:

(1) filtrado Butterworth de paso bajo a 2.5 Hz, debido a que la energía de los componentes SCL y SCR se concentra entre 0 y 2 Hz (Valenza & Scilingo, 2014).

(2) diagnóstico visual para la detección y corrección de artefactos. Para ello se aplicaron interpolaciones *spline* con periodos pre / post de 1 segundo alrededor de dichos artefactos. En cuanto al procesado, se aplicó el método de análisis de descomposición continua (CDA) 12, con el fin de extraer los componentes SCL y SCR.

Finalmente, para reducir las diferencias entre los sujetos, todos los valores se

estandarizaron utilizando una adaptación de la fórmula de Venables y Christie que permite valores negativos (McCarthy et al., 2016).

### 4.3 Análisis de Datos

Para el análisis de los datos usamos el programa estadístico de IBM SPSS Statistics 22.0, llevando a cabo estadística inferencial no paramétrica, dado que la prueba de *Kolmogorov-Smirnov* mostró que el conjunto de los datos no contó con una distribución normal ( $p < .05$ ). Se aplicó la prueba *Wilcoxon Test*, para estudiar el comportamiento dentro de cada grupo y *U de Mann-Whitney*, para analizar las diferencias entre los grupos, con el objetivo de analizar las medidas proporcionadas por el *EDA* (LB, SCL, SCR y Ratio), las variables estimulares donde se produjo una respuesta al saludo (V, VA y VAO) y el grado de adaptación al *EVI* y la pulsera de medición *EDA*.

Se usaron estadísticos descriptivos, tabla de frecuencias, para conocer el valor de la mediana de las distintas medidas *EDA* y variables estimulares y definir en qué medida incrementan o decrecen los valores dependiendo del grado de estimulación. Se aplicó la función correlacional de *Spearman* para el estudio de las relaciones entre las variables y los cuestionarios utilizados para el diagnóstico en los sujetos TEA. Se calculó el valor del coeficiente de determinación ( $R^2 > I$ ). Asimismo, para la estadística inferencial se ha establecido un nivel de significación de ( $p < .05$ ), el cual representa la probabilidad de error que se asume (Bisquerra Alzina & Vilá Baños, 2014).

### 4.4 Resultados Estudio n°1

En este apartado se presentan los resultados de la investigación en función de los objetivos planteados en la misma. En todos ellos se muestran algunos estadísticos procedentes del análisis descriptivo del estudio, diferenciando entre ambos grupos.

Objetivo 1. *Analizar el grado de adaptabilidad de los sujetos ante la exposición a un EVI y a la colocación del dispositivo de medición del EDA.*

La respuesta a este objetivo implica conocer en qué medida los participantes se han adaptado favorablemente a la exposición del *EVI* y no han presentado rechazo en la colocación del dispositivo de medición del *EDA*. Además, comprobaremos si existen evidencias que denoten diferencias significativas entre el grado de adaptación al *EVI* del grupo TEA y el grupo con desarrollo típico y menor adaptación al dispositivo de medición *EDA* por parte del grupo TEA a través de las siguientes hipótesis:

- (H1): *Existe el mismo grado de adaptación al EVI entre el grupo TEA y el grupo con desarrollo típico.*

- (H2): *Se dio una menor adaptación al dispositivo de medición EDA por parte del grupo TEA que por parte de los participantes con desarrollo típico.*

La prueba no paramétrica *U de Mann-Whitney* mostró que no se dieron diferencias significativas en cuanto a tolerancia al uso del *EVI* entre el grupo TEA y DT ( $z = -1.441$ ,  $p < .05$ ). Los resultados apuntan a un grado de confortabilidad elevado en sujetos TEA en cuanto a utilizar un *EVI* como contexto terapéutico (véase figura 4.10). En cuanto a la tolerancia del dispositivo *EDA*, el análisis no mostró diferencias estadísticamente significativas entre los grupos ( $z = -1.733$ ,  $p < .05$ ). Los resultados apuntan a un elevado grado de tolerancia al uso al dispositivo de medición *EDA* en toda la población estudiada,

pero mostrando los sujetos DT una mayor confortabilidad frente al uso del mismo (véase figura 4.10).

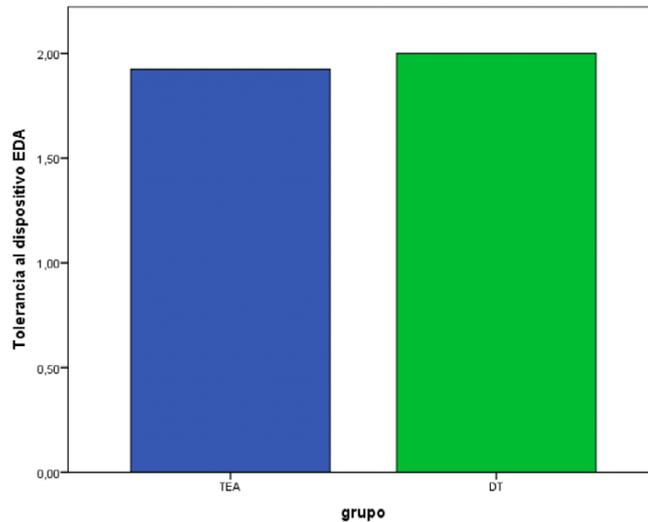


Figura 4.10: Gráfica tolerancia del dispositivo EDA.

*Objetivo 2. En un contexto virtual de respuesta al saludo, estudiar la respuesta de los sujetos en las distintas medidas electrodermales ante la introducción paulatina del canal visual, auditivo.*

La respuesta a este objetivo implicó las variables EDA en sus distintas fases (LB, SCR, SCL, Ratio) a medida que se introdujeron canales sensoriales. Es por ello, que contrastaremos si existen diferencias estadísticamente significativas entre los grupos participantes.

*- (H3): Frente a tareas de respuesta al saludo, el patrón de excitación en estado de reposo será similar en sujetos TEA y con desarrollo típico, aumentando a medida que se introducen canales sensoriales.*

Dentro del grupo TEA, el test *Wilcoxon*, mostró que, en un estado de relajación (LB), las diferencias fueron estadísticamente significativas entre las condiciones LB\_V - LB\_VA ( $z = -2.671$ ,  $p < .05$ ) y LB\_VA - LB\_VAO ( $z = -2.081$ ,  $p < .05$ ). En cambio, entre las condiciones LB\_V - LB\_VAO ( $z = -1.895$ ,  $p = .058$ ), las diferencias fueron estadísticamente marginales (véase tabla 4.7). Tal como se puede observar en la Figura 4.11, los participantes TEA mostraron la máxima activación cuando se introdujo el sentido auditivo (Mdn= .495).

El test *Wilcoxon* el grupo DT halló diferencias estadísticamente significativas entre todas las condiciones, cuando el sujeto se halló en un estado de relajación o reposo: LB\_V y LB\_VA ( $z = -2.513$ ,  $p < .05$ ), LB\_VA y LB\_VAO ( $z = -4.126$ ,  $p < .05$ ) y LB\_V y LB\_VAO ( $z = -3.252$ ,  $p < .05$ ).

La activación se incrementó desde la condición visual, LB\_V (Mdn= .053), hacia la auditiva, LB\_VA (Mdn= .112) y olfativa, LB\_VAO (Mdn= .246), teniendo esta última los niveles EDA más elevados (véase tabla 4.7). En el grupo DT, aumentaron

significativamente su excitación a medida que se introdujeron canales sensoriales, mostrando la máxima activación cuando se introdujo el sentido del olfato (véase figura 4.12).

**Tabla 4.7:** Mediana y desviación estándar grupo TEA y grupo DT para la media LB en las condiciones experimentales visual, auditiva y olfativa.

<i>Condiciones estimulares</i>	<i>Mediana Grupo TEA</i>	<i>Desviación estándar Grupo TEA</i>	<i>Mediana Grupo DT</i>	<i>Desviación estándar Grupo DT</i>
LB_V	.099	.326	.053	.228
LB_VA	.141	.495	.112	.244
LB_VAO	.181	.261	.246	.359

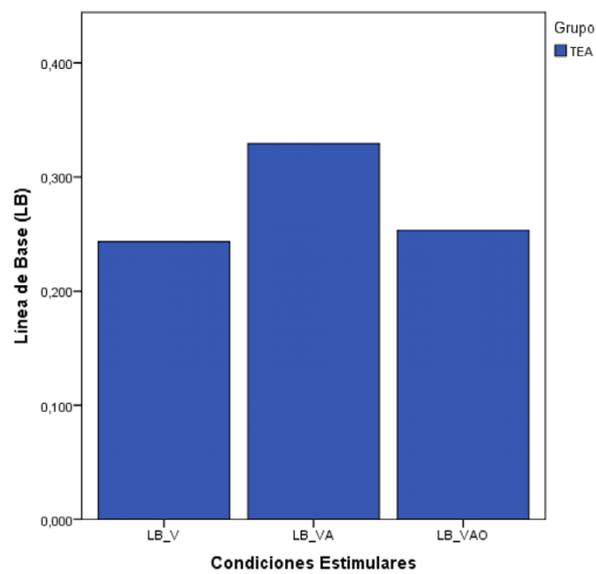


Figura 4.11: Activación EDA en LB con respecto a sus líneas de base en sujetos TEA.

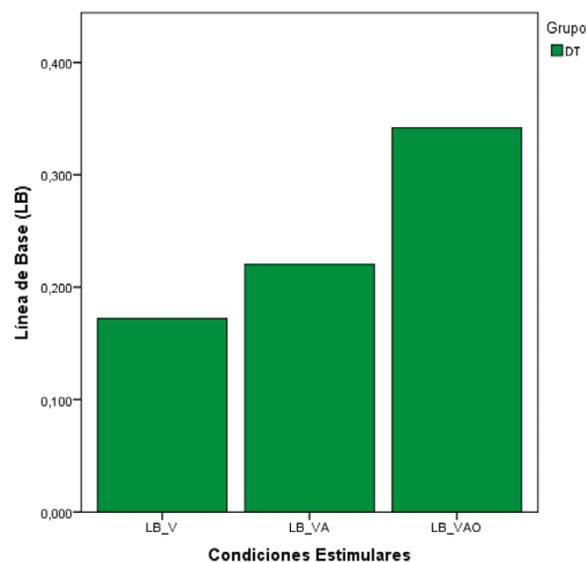


Figura 4.12: Activación EDA en LB con respecto a sus líneas de base en sujetos DT.

El test *U de Mann-Whitney*, realizado para analizar las diferencias existentes entre los grupos, indicó que no se dieron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en ninguna de las condiciones estimulatorias en estado de reposo o LB (véase figura 4.13).

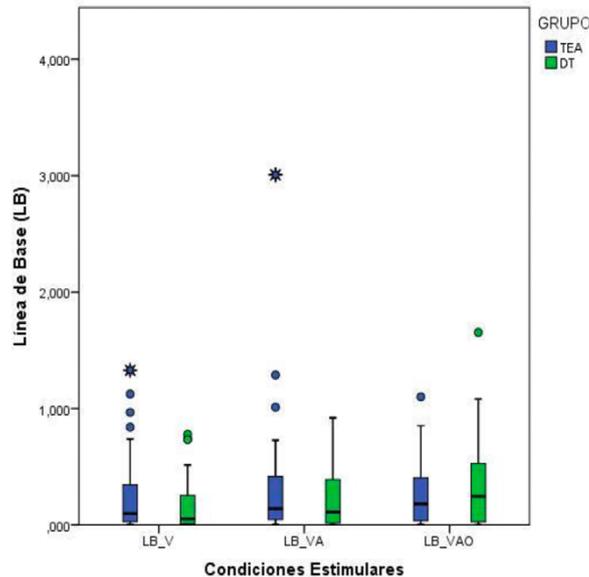


Figura 4.13: Activación en LB grupo TEA y grupo DT a lo largo de las condiciones estimulatorias.

Para analizar la excitación EDA de los sujetos en general o SCL, se testeó la siguiente hipótesis:

- (H4): *La excitación general de los participantes, frente a estímulos respuesta al saludo, aumenta a medida que se produce la exposición visual, auditiva y olfativa, no habiendo un patrón de agitación distinto entre sujetos TEA y con desarrollo típico.*

El contraste de dicha hipótesis implicó como variables los resultados EDA de la fase SCL en las condiciones estimulatorias V (SCL\_V), VA (SCL\_VA) y VAO (SCL\_VAO).

En el grupo TEA, el test *Wilcoxon*, mostró que se dieron diferencias estadísticamente significativas entre las tres condiciones estimulatorias: SCL\_V - SCL\_VA ( $z = -3.326, p < .05$ ), SCL\_VA - SCL\_VAO ( $z = -4.222, p < .05$ ) y SCL\_V - SCL\_VAO ( $z = -3.162, p < .05$ ) (véase Tabla 4.8). Ello indica que la excitación general o SCL fue aumentando a medida que se añadieron canales sensoriales, con una excitación mayor en la condición olfativa (véase figura 4.14).

En el caso del grupo DT, indicó la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre las tres variables experimentales:

SCL\_V - SCL\_VA ( $z = 4.247, p < .05$ ), SCL\_VA - SCL\_VAO ( $z = -4.395, p < .05$ ) y SCL\_V - SCL\_VAO ( $z = -3.884, p < .05$ ) (véase tabla 4.8). Del mismo que el grupo TEA, el grupo DT fue aumentando la excitación general o SCL a medida que se introdujeron canales, habiendo un máximo de excitación cuando intervino el olfato (véase figura 4.15).

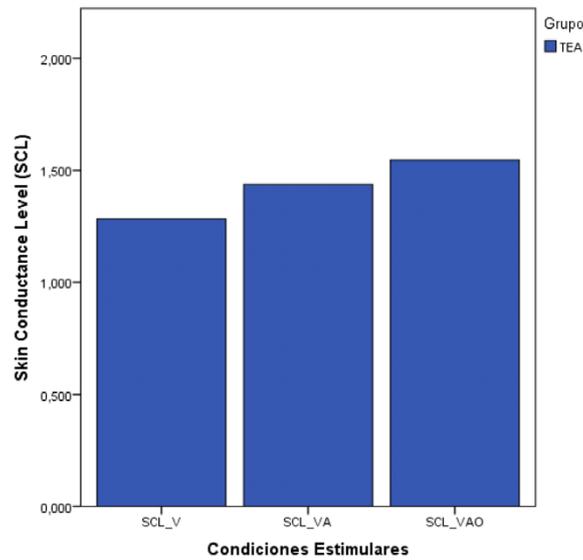


Figura 4.14: Activación en SCL grupo TEA a lo largo de las condiciones estimulares.

**Tabla 4.8:** Mediana desviación estándar grupo TEA y grupo DT para la media SCL en las condiciones experimentales visual, auditiva y olfativa.

Condiciones estimulares	Mediana Grupo TEA	Desviación estándar Grupo TEA	Mediana Grupo DT	Desviación estándar Grupo DT
SCL_V	1.28	1.15	.898	.963
SCL_VA	1.44	1.20	1.185	1.089
SCL_VAO	1.55	1.22	1.473	1.124

El comportamiento similar entre ambos grupos, produjo que el test U de Mann-Whitney, no mostrara diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en ninguna de las condiciones estimulares en la fase SCL (véase figura 4.15). Por tanto, los resultados apuntan a un comportamiento similar entre el grupo TEA y el DT.

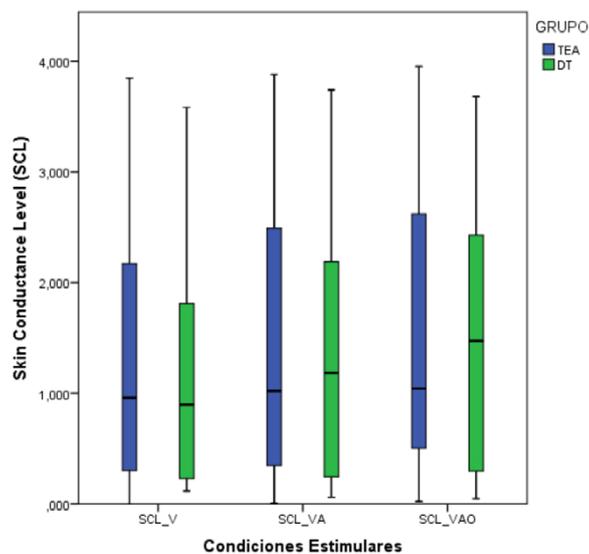


Figura 4.15: Activación en SCL grupo TEA y grupo DT a lo largo de las condiciones estimulares.

Para estudiar la activación EDA de los sujetos frente a un estímulo concreto o SCR se verificó la siguiente hipótesis:

- (H5): *Ante la presencia de un estímulo concreto de respuesta al saludo, la excitación es diferente en los sujetos TEA y con desarrollo típico, pero no habiendo un comportamiento dispar entre ambos.*

Para testearla se establecieron como variables la fase SCR del EDA en las condiciones visual (SCR\_V), auditiva (SCR\_VA) y olfativa (SCR\_VAO).

La prueba Wilcoxon encontró en el grupo TEA únicamente se dieron diferencias estadísticamente significativas entre la estimulación visual y olfativa, SCR\_VA - SCR\_VAO ( $z = -2.354$ ,  $p < .05$ ) (véase tabla 4.9). Los resultados apuntan a que se dio una estabilidad electrodermal entre la estimulación visual y auditiva, en cambio cuando se introdujo el canal olfativo, los participantes TEA, aumentaron su excitación significativamente (véase figura 4.16).

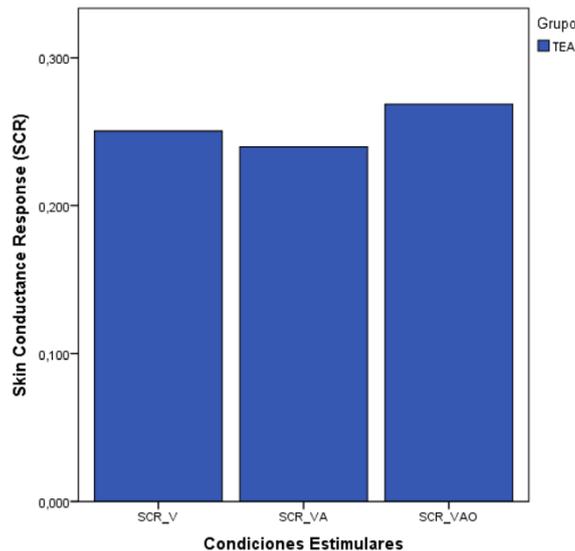


Figura 4.16: Activación en SCR grupo TEA a lo largo de las condiciones estimulares.

En cambio, en el grupo DT, existió significatividad entre el estímulo visual y el olfativo, SCR\_V - SCR\_VAO ( $z = -2.755$ ,  $p < .05$ ), no habiendo diferencias en el resto de condiciones (véase tabla 4.9). Los resultados apuntan a que, en el caso de los participantes normotípicos, la estabilidad electrodermal se produjo entre la estimulación auditiva y olfativa, incrementándose esta última con respecto a los niveles de la condición visual (véase figura 4.17).

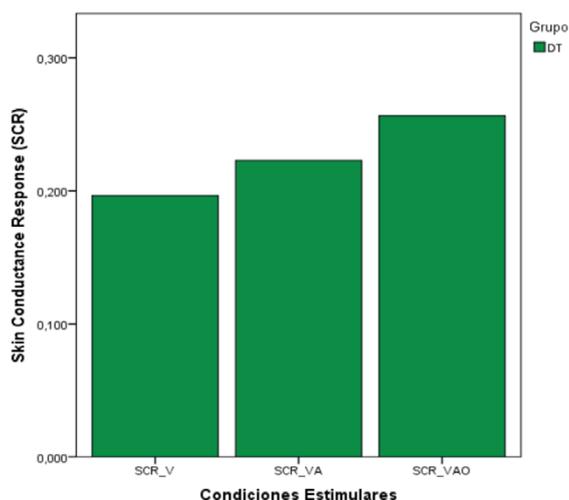


Figura 4.17: Activación en SCR grupo DT a lo largo de las condiciones estimulatorias.

Tabla 4.9: Mediana y desviación estándar grupo TEA y grupo DT para la media SCR en las condiciones experimentales visual, auditiva y olfativa.

Condiciones estimulatorias	Mediana Grupo TEA	Desviación estándar Grupo TEA	Mediana Grupo DT	Desviación estándar Grupo DT
SCL_V	.095	.305	.064	.259
SCL_VA	.165	.273	.108	.252
SCL_VAO	.154	.292	.140	.281

Los resultados de la prueba U de Mann-Whitney no proporcionó diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en ninguna de las condiciones estimulatorias en la fase SCR. Dichos resultados apuntan hacia una respuesta de excitación similar entre los grupos ante la introducción de canales sensoriales. No obstante, y a pesar de ello, únicamente ante la introducción del canal auditivo, los participantes TEA mostraron niveles más elevados, aunque carente de significatividad (véase figura 4.18).

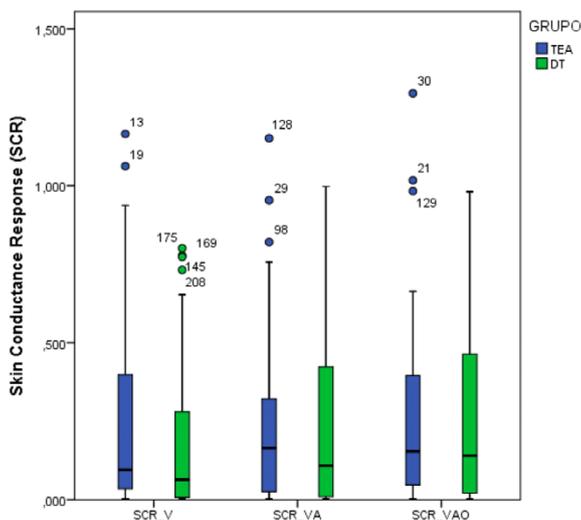


Figura 4.18: Activación en SCR grupo TEA y grupo DT a lo largo de las condiciones estimulatorias.

Finalmente, para dar respuesta al Objetivo 2, se contrastó la siguiente hipótesis con el fin de estudiar el Ratio o grado de incremento electrodermal:

- (H6): *El incremento de la excitación de los sujetos con respecto al estado de reposo, variará entre sujetos TEA y con desarrollo típico.*

La verificación de la misma incluyó como variables las referentes a la medida Ratio en las condiciones visual (Ratio\_V), auditiva (Ratio\_VA) y olfativa (Ratio\_VAO).

El test Wilcoxon halló diferencias estadísticamente significativas en el grupo TEA entre las condiciones estímulares Ratio\_V-Ratio\_VA ( $z = -1.961$ ,  $p < .05$ ) y Ratio\_VA-Ratio\_VAO ( $z = -2,387$ ,  $p < .05$ ) (véase Tabla 4.10). Los resultados, tal como se puede ver en la figura 4.19, indican que el mayor incremento de excitación con respecto al estado de reposo se produjo en la condición visual, para posteriormente estabilizarse ante el estímulo auditivo y olfativo, lo que coincidiría con el inicio y el final de la experiencia.

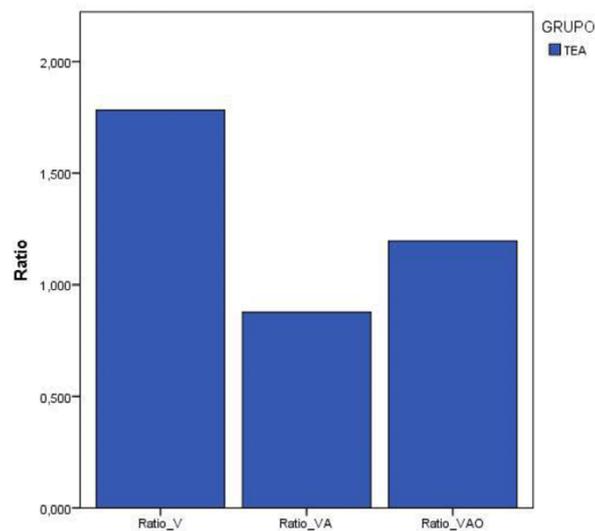


Figura 4.19: Activación Ratio del grupo TEA a lo largo de las condiciones estímulares.

En cambio, en el grupo DT se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre las condiciones visual y auditiva, Ratio\_V - Ratio\_VAO ( $z = -2.003$ ,  $p < .05$ ), siendo marginalmente significativas entre Ratio\_V - Ratio\_VA ( $z = -1.868$ ,  $p = .06$ ) (véase tabla 4.10). Como muestra la figura 4.20, los sujetos con desarrollo típico mostraron una activación más elevada ante la condición visual, al inicio de la experiencia, para posteriormente estabilizarse.

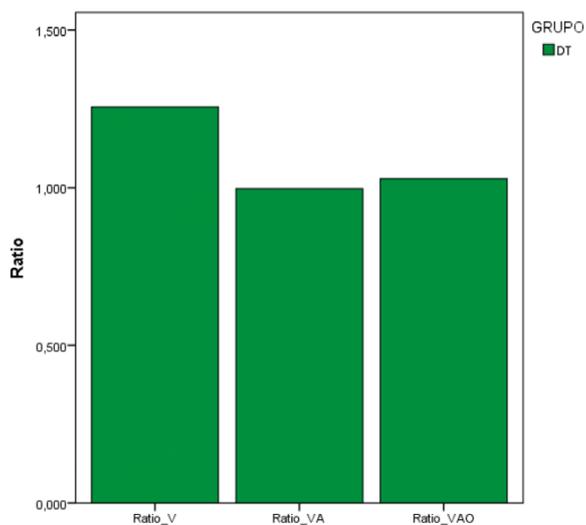


Figura 4.20: Activación Ratio grupo DT a lo largo de las condiciones estímulares.

**Tabla 4.10:** Mediana y desviación estándar grupo TEA y grupo DT para la media Ratio en las condiciones experimentales visual, auditiva y olfativa.

Condiciones estímulares	Mediana Grupo TEA	Desviación estándar Grupo TEA	Mediana Grupo DT	Desviación estándar Grupo DT
Ratio_V	.963	4.024	1.087	.809
Ratio_VA	.755	.580	.928	.616
Ratio_VAO	1.189	.573	.858	.974

La prueba U de Mann-Whitney mostró diferencias estadísticamente significativas en la condición Ratio\_VAO ( $z = -2.260, p < .05$ ), siendo más elevada en el grupo TEA que en el grupo con desarrollo típico. Los resultados indican que, los sujetos TEA mostraron un mayor grado de incremento electrodermal con respecto a la línea de base cuando se introdujo el sentido del olfato, coincidiendo con el final de la experiencia (véase figura 4.21)

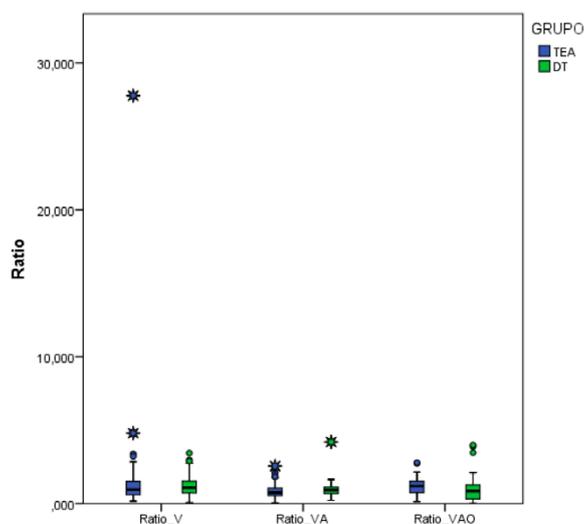


Figura 4.21: Activación Ratio grupo DT y grupo TEA a lo largo de las condiciones estímulares.

Objetivo 3. *Estudiar si la excitación frente a estímulos visuales, auditivos y olfativos y con tareas de respuesta al saludo, tienen relación con las puntuaciones de las baterías diagnósticas.*

Para dar respuesta a dicho objetivo, se tuvo que tener presente las posibles relaciones lineales existentes entre las variables *EDA* y las puntuaciones obtenidas en las baterías diagnósticas, formulada en la siguiente hipótesis:

- (H7): *Existen una relación entre las baterías diagnósticas y las mediciones electrodermales en un contexto virtual de respuesta al saludo.*

Para su contraste se tuvo en cuenta al grupo TEA, implicando como variables los resultados *EDA* en sus distintas fases y condiciones estímulares visual, auditiva y olfativa y los resultados de cada una de las áreas evaluadas en las cuatro baterías diagnósticas.

Para su contraste se llevó a cabo una función de correlación de *Spearman* para determinar si existe una relación lineal entre los resultados fisiológicos y los proporcionados por los cuestionarios. Se calculó el valor del coeficiente de determinación ( $R^2$ ).

Con respecto a las puntuaciones del cuestionario *ADOS-2*, se produjo un descenso muestral a 28 pacientes TEA, dado que el resto fueron evaluados siguiendo otros criterios diagnósticos. Hallamos una relación lineal inversamente proporcional de carácter significativo entre la medida *Ratio\_VA* y el dominio referente a la capacidad de interacción social recíproca,  $r = -.410$ ,  $p$  (*one-tailed*)  $< .05$ , el total de afectación social,  $r = -.433$ ,  $p$  (*one-tailed*)  $< .05$  y la puntuación global,  $r = -.431$ ,  $p$  (*one-tailed*)  $< .05$ .

Dichos resultados apuntan hacia que a medida que los sujetos TEA cuentan con un mayor incremento de excitación ante un estímulo auditivo, su competencia en interacciones con sus pares y el grado de severidad de la afección será menor. No obstante, si analizamos el Anexo D, concretamente la figura 1, figura 2, y figura 3, no se dio una relación fuerte entre ninguna de las variables *EDA* y las puntuaciones proporcionadas por el *ADOS-2* ( $R^2 > .1$ ).

Respecto el cuestionario para familias *ADI-R*, también se estudiaron las relaciones existentes, descendiendo la muestra a 28 participantes. Se hallaron relaciones lineales inversamente proporcional de carácter significativo entre el dominio referente a la interacción social y las medidas *LB\_VA*,  $r = .486$ ,  $p$  (*one-tailed*)  $< .05$ , *LB\_VAO*,  $r = .407$ ,  $p$  (*one-tailed*)  $< .05$  y *SCR\_VAO*,  $r = .423$ ,  $p$  (*one-tailed*)  $< .05$ . A pesar de los resultados significativos obtenidos, las gráficas de dispersión indican que no existe una relación fuerte entre el dominio de interacción social y las variables descritas ( $R^2 > .1$ ) (véase Anexo E: figura 1, figura 2 y figura 3).

Los resultados también fueron estadísticamente significativos entre el dominio de comunicación social y las variables *LB\_V*,  $r = .550$ ,  $p$  (*one-tailed*)  $< .05$ , *SCR\_V*,  $r = .475$ ,  $p$  (*one-tailed*)  $< .05$ , *LB\_VA*,  $r = .537$ ,  $p$  (*one-tailed*)  $< .05$ , *SCR\_VA*,  $r = .428$ ,  $p$  (*one-tailed*)  $< .05$ , *LB\_VAO*,  $r = .434$ ,  $p$  (*one-tailed*)  $< .05$  y *SCR\_VAO*,  $r = .518$ ,  $p$  (*one-tailed*)  $< .05$ . Los patrones de conducta restringidos, repetitivos y estereotipados correlacionaron significativamente con las condiciones *LB\_V*,  $r = .480$ ,  $p$  (*one-tailed*)  $< .05$ , *SCR\_VA*,  $r = .391$ ,  $p$  (*one-tailed*)  $< .05$  y *SCR\_VAO*,  $r = .414$ ,  $p$  (*one-tailed*)  $< .05$ . No hallamos resultados significativos entre las anomalías en el desarrollo antes de los 36 meses y las variables experimentales analizadas. Las gráficas de dispersión detalladas

el Anexo E (véase figura 4, figura 5, figura 6, figura 7, figura 8, figura 9, figura 10 y figura 11), muestran que no se dio una relación significativa fuerte entre las medidas *EDA* y el dominio en comunicación social ( $R^2 > 1$ ).

Se estudiaron las relaciones entre la escala *Merrill Palmer* y las variables experimentales proporcionadas por la medida *EDA* en 24 de los participantes TEA. Las relaciones fueron significativas, aunque de carácter negativo, en las puntuaciones típicas del índice global de desarrollo de los sujetos con las condiciones: LB\_V,  $r = -.529$ ,  $p$  (*one-tailed*)  $< .05$ , LB\_VA,  $r = -.442$ ,  $p$  (*one-tailed*)  $< .05$ , SCL\_V,  $r = -.432$ ,  $p$  (*one-tailed*)  $< .05$  y SCR\_V,  $r = -.462$ ,  $p$  (*one-tailed*)  $< .05$ . A pesar de la significatividad hallada en el test de correlación de *Spearman*, los gráficos de dispersión incluidos en el Anexo F, muestran que la relación entre las variables no son de carácter robusto ( $R^2 > 1$ ) (véase figura 1, figura 2, figura 3 y figura 4).

Las correlaciones de carácter negativo las hallamos de nuevo entre la puntuación típica respecto a la motricidad fina de los sujetos, con las condiciones experimentales de línea de base (LB\_V,  $r = -.585$ ,  $p$  (*one-tailed*)  $< .05$ , LB\_VA,  $r = -.513$ ,  $p$  (*one-tailed*)  $< .05$  y LB\_VAO,  $r = -.497$ ,  $p$  (*one-tailed*)  $< .05$ ), la medida *EDA* SCL (SCL\_V,  $r = -.528$ ,  $p$  (*one-tailed*)  $< .05$ , SCL\_VA,  $r = -.462$ ,  $p$  (*one-tailed*)  $< .05$  y SCL\_VAO,  $r = -.461$ ,  $p$  (*one-tailed*)  $< .05$ ). Respecto a la medida *EDA* SCR solamente se da dicha relación negativa entre SCR\_V,  $r = -.462$ ,  $p$  (*one-tailed*)  $< .05$  y SCR\_VAO,  $r = -.453$ ,  $p$  (*one-tailed*)  $< .05$ . Dichos hallazgos apuntan a que, un mayor grado de desarrollo puede relacionarse con valores *EDA* más bajos en estados de reposo en estímulos visuales y auditivos (LB\_V y LB\_VA) o en la activación general o específica frente a un estímulo visual (SCL\_V y SCR\_VA). Las gráficas de dispersión realizadas tras la función de correlación de *Spearman*, de nuevo indican una carencia de relación fuerte entre las variables estudiadas (véase Anexo F: figura 5, figura 6, figura 7, figura 8 y figura 9).

No se encontraron relaciones lineales de carácter significativo entre las medidas *EDA* estudiadas en una estimulación visual auditiva y olfativa y las puntuaciones de la escala Short Sensory Profile. Ello puede indicar que las mediciones implícitas no tienen una correspondencia con las puntuaciones de carácter cualitativo reportadas por las familias respecto al desarrollo sensorial de los sujetos TEA, a pesar de las relaciones entre el procesamiento sensorial, lo que podría apuntar a una falta de sensibilidad o de la medida o del cuestionario.

#### 4.5 Discusión

En el presente apartado iremos contestando a cada una de las hipótesis planteadas inicialmente para el Estudio nº1 según los resultados obtenidos, relacionándolas con el marco teórico del trabajo.

En cuanto a la *H1*, no supuso un inconveniente para los participantes, con independencia de su grupo, el uso de un *EVI*. Es por ello que podemos deducir que se trata de un soporte no invasivo, cuyo uso podría generalizarse al grueso de la población. Dicha valoración puede relacionarse con la afinidad natural que existe entre la población TEA y el uso de la tecnología y por la capacidad adaptativa a las necesidades personales de cada sujeto (García Guillén et al., 2017; Martínez et al., 2014), siendo entornos predecibles que proporcionan mayor seguridad (Lozano-Martínez et al., 2011).

Respecto a la *H2*, se observó que los participantes TEA tuvieron un grado de adaptación moderadamente menor a la pulsera de medición *EDA* que sus pares con

desarrollo típico. Que el uso de la pulsera de medición *EDA*, no tuviese un rechazo mayor, constata la importancia de llevar a cabo procesos de anticipación (Lozano-Martínez et al., 2011). Dicho hallazgo, puede relacionarse con la presencia de disfunciones de carácter sensorial, que provocan incomodidad por usar cierta ropa (Kern, Trivedi, Garver, Grannemann, Andrews, Savla, Johnson, Mehta, Jennifer & Schroeder, 2006).

En relación con la H3, los resultados mostraron que, ante un contexto estimular de relajación (LB), los participantes TEA alcanzando la máxima excitación con la introducción del canal auditivo (LB\_VA), lo que pudo ser producto de un retraso en el registro electrodermal. Dichos resultados tienen coincidencias con el trabajo de Van Engeland (1984), quien halló dicho retraso en los pacientes TEA ante una estimulación de carácter auditivo, pero en contextos naturales. Dicho incremento, se dio además tras una situación donde el avatar estableció un contacto visual directo y con un inicio de interacción social en forma de saludo (LB\_VA) conjuntamente con el sonido estridente de un trueno. Resultados que guardan relación con los estudios de Joseph et al. (2008); Kylliäinen & Hietanen (2006), quienes concluyeron que existió una mayor excitación de pacientes TEA ante la presencia de un rostro con ojos abiertos y mirada directa. También las investigaciones de Kylliäinen, Wallace, Coutanche, Leppänen, Cusack, Bailey & Hietanen (2012), concluyeron que en la medida que se producía una mayor apertura de los ojos en estímulos fotográficos con rostros humanos también aumentaba la actividad electrodérmica en sujetos TEA. Conjuntamente con el retraso del registro, la introducción de un sonido estridente, pudo todavía más aumentar el efecto acumulativo electrodermal (Stevens & Gruzelier, 1984).

A medida que finaliza la experiencia y se introduce el canal olfativo (LB\_VAO), los resultados del grupo TEA mostraron un posible proceso de habituación al contexto que deriva en una estabilidad en sus niveles de *EDA*. Este hallazgo tiene coincidencias con el trabajo de Houtveen, Rietveld, Schoutrop, Spiering, & Brosschot (2001), quienes entendieron dicho proceso como la respuesta fisiológica ante un estímulo ya conocido y por lo tanto poco relevante. Del mismo modo, Schaaf, Benevides, Leiby & Sendeki (2013) encontraron una menor capacidad de variación fisiológica en pacientes TEA entre un estímulo u otro, lo que podría relacionarse con la estabilización electrodermal hallada en la presente investigación a medida que transcurrió la experiencia.

En ese mismo contexto de relajación (LB), altamente repetitivo, los participantes con desarrollo típico, mostraron niveles de excitación más elevados al inicio de la experiencia (LB\_V y LB\_VA), para posteriormente reducirlos (LB\_VAO). En este patrón electrodermal pudo intervenir al inicio la novedad tecnológica (Murray & Barnes, 1998) y un posterior proceso de estabilización ante un contexto ya conocido y repetitivo.

La carencia de diferencias electrodermales entre ambos grupos se encuentra en la línea de los hallazgos de Van Engeland (1984), quienes no hallaron diferencias en el estado de reposo previo a la estimulación auditiva. La similar activación también podría relacionarse con la anticipación que se llevó a cabo con la población TEA previa a la experiencia, que pudo derivar en niveles *EDA* en LB similares a las de sus pares normotípicos. Dicha afirmación podría estar en consonancia con la importancia y efectividad de llevar a cabo tareas anticipatorias para sujetos TEA ante contextos desconocidos, dada su capacidad para generar mayor seguridad y por tanto regular los niveles de excitación (Gómez & Álvarez, 2008). A su vez, el grupo normotípico inició la experiencia con niveles más elevados, a pesar de haber sido también anticipados, aunque no significativos, descendiendo al final de la misma. Este patrón puede relacionarse con

el denominado factor wow, entendido como la respuesta de excitación positiva, derivada de la novedad del contexto y soporte tecnológico (Murray & Barnes, 1998). Beauchamp & Parkinson (2005) ya informaron de la presencia de ese factor novedoso en el uso de las TIC dentro del aula haciendo referencia a los inicios de la implantación de pizarras digitales, con las cuales, una vez los alumnos conocieron todas las rutinas del recurso tecnológico, llegaron al estado definido por Houtveen et al. (2001) conocido como habituación, pudiendo ser reflejo de la misma el patrón electrodermal que se dio al final de la experiencia (LB\_VAO).

Los resultados mostraron que, con respecto a la *H4*, toda la población experimental tuvo un comportamiento similar en cuanto al nivel de activación general de los sujetos o SCL. A medida que se introdujeron canales sensoriales, el nivel de activación general fue incrementándose. Ello puede estar en sintonía con los hallazgos de Prince et al. (2016), quienes relacionaron un aumento en el *EDA* a medida que los participantes tuvieron que gestionar una mayor carga cognitiva. El encontrar una reactividad igualitaria entre los grupos, guarda relación con el resultado de McCormick et al. (2014); Schoen et al. (2008), cuyos trabajos también hicieron uso de la fase *EDA* SCL, no reportando diferencias entre los grupos experimentales ante estímulos visuales, auditivos, olfativos y táctiles en un contexto experimental real. El estudio de la revisión de Lydon et al. (2016), muestra que en general la fase SCL ha sido la que menos aplicabilidad ha tenido en el ámbito del TEA.

En cuanto a la *H5*, el análisis mostró que, en respuesta a ante un estímulo concreto o SCR, los sujetos TEA se mantuvieron estables ante la presencia de un avatar con ojos abiertos y mirada directa sin estímulo auditivo (SCR\_V) y con la introducción del mismo (SCR\_VA). En cambio, su actividad electrodermal aumentó significativamente con la introducción del olfato y la presencia de un avatar con mirada directa y con un inicio de interacción social en forma de saludo (LB\_VAO), con respecto a la condición auditiva (LB\_VA). Los resultados hallados al inicio de la experiencia pudieron estar condicionados por la importancia de la tarea anticipatoria mencionada anteriormente (Gómez & Álvarez, 2008). En cambio, cuando se incluyó un olor agradable (hierba fresca) en un contexto coherente con el mismo (bosque), su excitación fue en aumento. Con ello podríamos deducir que la presencia de un olor agradable pudo aumentar sus niveles de detección del mismo. En esta línea, Wicker et al. (2016) hallaron que los sujetos TEA tienden, en general, a percibir los olores con más intensidad. Ashwin et al. (2014) encontraron que los sujetos TEA tuvieron una mayor sensibilidad al olor, hallando incluso relaciones significativas entre el mismo y la presencia de rasgos TEA.

La activación frente a los estímulos presentados o SCR en el grupo DT, fue en aumento a medida que transcurrió el contexto estimular, habiendo un aumento significativo ente el inicio (LB\_V) y el final de la experiencia (LB\_VAO). Dicho hallazgo, podría relacionarse con una mayor carga cognitiva a gestionar (Prince et al., 2016) o bien por la predictibilidad del entorno, lo que pudo derivar en aburrimiento y en una mayor activación electrodermal (Sohn, Sokhadze & Watanuki, 2001).

La inexistencia de diferencias significativas entre los grupos ante un estímulo concreto se encuentra en consonancia con la línea del trabajo de Kaartinen et al. (2012); McCormick et al. (2014); Shalom et al. (2006); Stagg et al. (2013), quienes, usando rostros con mirada directa y evitativa, contextos reales de estimulación sensorial, imágenes con contenido emocional y avatares con ojos cerrados y abiertos, respectivamente, no hallaron diferencias en la fase SCR entre grupo experimental y normotipo.

Si nos centramos en los resultados obtenidos tanto en SCL como en SCR, vemos que mientras en la primera ambos grupos aumentaron significativamente su activación a lo largo de la experiencia, en SCR dichas diferencias tienden a desaparecer. Mientras que el grupo TEA solo mostró diferencias estadísticamente significativas entre la condición auditiva y olfativa, el grupo DT las mostró entre la visual y la olfativa, coincidiendo con el inicio y el final de la experiencia. La variabilidad de resultados entre las fases electrodermales, podría darse por lo descrito en la revisión sistemática sobre el uso de la actividad electrodermal en el TEA de Lydon et al. (2014), donde concluyeron que la extensa variabilidad de resultados fisiológicos, podrían venir determinados por la existencia de diferentes perfiles de TEA introducidos en las experimentaciones.

Por último, los resultados de la *H6* en referencia a la medida denominada Ratio mostraron que el incremento electrodermal con respecto al estado de reposo previo, fue mayor en participantes TEA que con desarrollo típico en la condición olfativa (Ratio\_VAO). Wicker et al. (2016), aunque no hallaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos ante olores agradables y sí que lo hicieron ante olores desagradables, donde lo sujetos TEA los perciben con menor intensidad. Si tenemos en cuenta el contexto experimental del presente estudio, la conjunción de un bosque al aire libre y el olor a hierba fresca, pudo provocar en ellos sensaciones placenteras. En este sentido, Li et al. (2018), realizaron una investigación sobre los beneficios de la naturaleza en sujetos TEA. Los resultados, aunque reportados por las familias, encontraron que la exposición a entornos naturales, fueron experiencias agradables y beneficiosas. En general la intensidad del olfato ha sido poco estudiada, ya que los estudios se han centrado en la identificación (Boudjarane, Grandgeorge, Marianowski, Miser & Lemonnier, 2017), pero no utilizando en ninguno de los casos la unión y coherencia entre el canal visual, auditivo y olfativo, la cual podría reportar resultados sobre el procesamiento olfativo en condiciones similares a la realidad. Uno de los pocos estudios que sí que hace uso de la medición *EDA* es el llevado a cabo por Legiša et al. (2013) quienes estudiaron la respuesta ante olores agradables y desagradables, obteniendo sutiles diferencias entre los grupos, concretamente hubo una mayor activación electrodermal en sujetos TEA ante el olor a hierba que en sujetos normotípicos.

Cabe señalar que el uso de la medida Ratio en la investigación de TEA no ha sido generalizado, sino que ha servido para clasificar perfiles en pacientes adultos normotipo (Marín-Morales et al., 2017). Con el fin de esclarecer si dicha medida podría ser valiosa, se procedió a su análisis, entendiéndola como un dato que proporcionaba en qué medida había incrementado la excitación frente a un estímulo concreto con respecto al estado de reposo anterior o LB.

Los resultados referentes a las relaciones entre las baterías diagnósticas y las medidas electrodermales plasmadas en la *H7*, mostraron que nuestra hipótesis no se confirmó, ya que no se hallaron relaciones estadísticamente significativas entre ninguno de las baterías diagnósticas o cuestionarios aplicados y las medidas *EDA* obtenidas a lo largo de las condiciones experimentales. Dichos hallazgos pudieron estar influidos por el descenso en el número de participantes, así como el amplio rango de edad de los sujetos, lo que condicionó el módulo aplicado en el caso del *ADOS-2* y por tanto en la severidad de los síntomas que presentaban. Estos resultados son contrarios al trabajo de Fenning et al. (2017), quienes observaron que a medida que se producía una mayor variabilidad electrodermal se relacionó con una mayor presencia sintomatológica, pero usando las puntuaciones comparativas la batería diagnóstica *ADOS-G*, las cuales permiten unificar a los sujetos, con independencia del módulo aplicado. También Prince et al., 2017, hallaron

correlaciones entre la medida SCL y los comportamientos repetitivos y estereotipados, también utilizando como batería diagnóstica el *ADOS-G*.

En cuanto a la batería destinada a las familias *ADI-R* y la escala de desarrollo *Merrill Palmer*, tampoco se confirmó nuestra hipótesis. Dado que no existen trabajos en la literatura que profundicen en la relación de los mismos con los niveles de actividad electrodermal, no podemos contrastar los resultados obtenidos. No obstante, futuros trabajos deberían de aumentar en número de participantes y delimitar las edades en rangos más pequeños o bien agrupando a los sujetos por grados de afectación.

Por último, tampoco quedó confirmada nuestra hipótesis con respecto al cuestionario Short Sensory Profile. La carencia de relaciones lineales significativas se encuentra en la línea de los trabajos de McCormick et al. (2014); Schoen et al. (2009), quienes en un contexto real llevaron a cabo estimulación visual, auditiva, olfativa y táctil, no hallando relaciones con el perfil sensorial de los sujetos, a pesar de contar con un número de participantes más elevado que en el presente estudio.

#### **4.6 Conclusiones**

En este apartado detallaremos las conclusiones obtenidas en cada uno de los objetivos planteados al inicio de la investigación, finalizando con una conclusión general sobre Estudio nº1.

##### *Conclusiones Objetivo 1:*

Se dio una elevada adaptabilidad de la población TEA y con desarrollo típico a un EVI, no habiendo diferencias entre ambas poblaciones en cuanto a su uso, por lo que se podría considerar un contexto válido para la intervención y evaluación de carácter no invasivo.

El uso de la pulsera de medición *EDA*, obtuvo un moderado grado de rechazo por parte del grupo TEA, no alcanzando el grado de usabilidad de los sujetos con desarrollo típico. Por ello, la investigación futura debería de centrarse en el análisis de varios dispositivos de medición con el fin de determinar cuál de ellos causa menos rechazo y realizar una comparativa de los resultados obtenidos por los mismos.

##### *Conclusiones del Objetivo 2:*

Los niveles electrodermales hallados en la medida Ratio, fueron los únicos que reportaron diferencias entre los grupos. Concretamente, fueron los sujetos con diagnóstico TEA, los que mostraron un mayor grado de incremento ante un estímulo olfativo de respuesta al saludo, con respecto a su línea de base (Ratio\_VAO). Estos resultados apuntan a que, con respecto a un estado de reposo, la introducción del olor placentero (hierba fresca) en un entorno relajante, incrementó significativamente el *EDA* en sujetos TEA. En cambio, ni la medida LB, SCR o SCL, proporcionaron diferencias entre los grupos experimentales.

En el caso de la LB, pudo deberse al proceso de anticipación previo que se llevó a cabo en los sujetos TEA, derivando en un estado de excitación similar al de los participantes normotípicos.

A pesar de la carencia de diferencias significativas, el comportamiento en estado de reposo (LB) fue mayor en el grupo TEA ante un estímulo visual y auditivo, mientras que

en los sujetos normotípicos fue el sentido del olfato el que provocó una mayor activación. Los resultados podrían estar relacionados, en el caso de los sujetos TEA, con un retraso en el registro electrodermal. En cambio, la monotonía iconográfica de la condición LB, pudo generar un estado de aburrimiento y por tanto de sobreexcitación en los sujetos con desarrollo típico.

El nivel general de activación electrodermal o SCL, toda la población estudiada mostró un aumento de la activación a medida que se produjo una estimulación visual, auditiva y olfativa, lo que pudo ser producto del transcurso de la experiencia y de la necesidad de procesar mayor carga sensorial.

En lo referente a la respuesta a un estímulo concreto o SCR, los sujetos TEA mantuvieron una estabilidad electrodermal en las dos primeras condiciones estímulares (visual y auditiva), teniendo una mayor excitación cuando se introdujo la olfativa. En cambio, la población normotípica, solo se estabilizó en la condición auditiva, mostrando los picos electrodermales al inicio (auditiva) y al final (olfativa) de la experiencia. La respuesta del grupo TEA, pudo estar condicionada por la introducción de un olor agradable en un contexto de relajación, mientras que, en el resto de estímulos, pudo darse un proceso de inhibición ante un avatar que requería una respuesta al saludo, independientemente del canal introducido. En cambio, el grupo DT, pudo activarse más al inicio de la experiencia, por la novedad del contexto tecnológico y al final, por la monotonía del contexto, ya que, a excepción de la aparición del avatar, del sonido de tormenta y olor, no varió iconográficamente con respecto a las LB, derivando en aburrimiento.

### Conclusiones *Objetivo 3:*

La relación del *EDA* y las baterías diagnósticas *ADOS-2* y *ADI-R*, no obtuvieron relaciones lineales de carácter significativo en ninguna de las condiciones estímulares. Dichos resultados pudieron verse condicionados por la variabilidad en el grado de afectación de los pacientes TEA y por la horquilla en el rango de edad de los mismos que determina, en el caso del *ADOS-2*, el módulo de aplicación.

Del mismo modo, no se hallaron relaciones lineales de carácter significativo entre las medidas electrodermales y las puntuaciones de la escala de desarrollo *Merrill Palmer* o el cuestionario *Short Sensory Profile*. De nuevo, el rango dispar de edades y el diferente grado de afectación, además de un número limitado de participantes, pudo condicionar nuestros resultados.

En resumen, el Estudio nº1 que valoró los niveles *EDA* en un contexto de respuesta al saludo con estimulación visual, auditiva y olfativa, únicamente halló resultados significativos en la medida Ratio y cuando intervino el sentido del olfato, teniendo los sujetos TEA los valores *EDA* más elevados. No se confirmó nuestra hipótesis en cuanto a las relaciones entre las mediciones fisiológicas y las baterías diagnósticas del TEA. Es por ello que futuros trabajos deben de aumentar el número de participantes, lo que permitiría parcelarlos por rangos de edad y grado de afectación, pudiendo con ello hallar conclusiones más robustas.

# CAPÍTULO 5

ESTUDIO N°2: ACTIVIDAD ELECTRODERMAL EN UN EVI DE  
IMITACIÓN TOTAL Y PARCIAL.



## 5.1 Introducción

Tanto el déficit en la imitación como en el procesamiento sensorial, son síntomas que se encuentran asociados a la presencia del TEA (American Psychiatric Association, 2013). El primero de ellos, se ha relacionado con una disfunción en el sistema de neuronas espejo (Cornelio-Nieto, 2009). Dichas neuronas son las encargadas que ejercer el control sobre nuestros movimientos, mediante un complejo sistema capaz de reconocer las acciones de los demás e imitarlas (Rizzolatti & Sinigaglia, 2006) y están vinculadas al desarrollo cognitivo de carácter social (Williams, Whiten, Suddendorf & Perrett, 2001). Se trata de un déficit identificado en el TEA desde los inicios en el estudio de dicha afección (Ritvo & Provence, 1953) y actualmente la capacidad de imitar a los demás se considera crucial para reconocer estados mentales de otros y predecir sus acciones (Meltzoff, 1993).

La mejora de dichas habilidades, ha sido objeto, tal como muestra la revisión sistemática llevada a cabo por Williams, Justin, Whiten & Singh, (2004), de multitud de estudios científicos. En ellos, se ha hecho uso tanto de baterías imitativas llevadas a cabo en contextos reales (Ohta, 1987; Uzgiris & Hunt, 1975), como objetos físicos (Hammes & Langdell, 1981; Rogers, 1999) o artificiales (Whiten, Custance, Gomez, Teixidor & Bard, 1996), con la finalidad de proporcionar un contexto de entrenamiento que las mejore.

La tecnología también se ha aplicado para el entrenamiento de habilidades imitativas, aplicandose mayoritariamente como soporte el sistema de reconocimiento gestual (Kowallik & Schweinberger, 2019), diseñando tareas de compartir objetos o colorearlos (Anzulewicz, Sobota, Delafield-Butt, 2016), imitando acciones de un robot (Goncalves, Costa, Rodrigues & Soares, 2014) o las propias tareas usadas en la batería diagnóstica ADOS (Jazouli, Majda, Merad, Aalouane & Zarghili, 2019).

El uso de los *EVI* para el trabajo de tareas imitativas es más escaso. Cai et al. (2013) hicieron uso de este tipo de contextos virtuales, emulando un delfinario, donde los participantes debían realizar imitaciones gestuales mediante los cuales, controlaban el comportamiento de delfines virtuales. En cualquiera de los casos, mediara o no el uso de la tecnología, los resultados se basaron en la respuesta cuantitativa de los participantes, no haciendo uso de mediciones fisiológicas tales como la actividad electrodermal.

En cuanto a las dificultades en el procesamiento sensorial en de sujetos TEA, se han manifestados ante la presencia de estímulos de carácter auditivo, táctil e incluso olfativo en el 95% de la población TEA (Baker, Lane, Angley & Young, 2008), considerándose un síntoma asociado a la misma. Si bien existe consenso en su presencia sintomatológica, no lo hay tanto en si dicha manifestación puede darse en forma de hiper o hipo excitación (Blanche & Reinoso, 2007), variando dependiendo del niño o niña. Su medición se ha realizado de forma cualitativa mediante perfiles sensoriales como el *Sensory Profile* (Dunn & Westman, 1997), pero también mediante mediciones cuantitativas como las mediciones psicofisiológicas como la actividad electrodermal (Lydon et al., 2015). Trabajos como los McCormick et al. (2014); Schoen et al. (2008); Schoen et al. (2009), estudiaron el comportamiento electrodérmico de población TEA y normotípica ante estímulos sensoriales auditivos, olfativos, visuales y táctiles en contextos reales. Los resultados no reportaron en ninguno de los casos una mayor reactividad en los sujetos TEA, ni una relación significativa con el protocolo de evaluación sensorial *Sensory Profile*. En cambio, cuando las investigaciones se centraron en un solo canal sensorial, sí que aparecieron diferencias en la excitación en los participantes TEA. Legiša et al. (2013) empleando únicamente un estímulo olfativo, hallaron sutiles diferencias con los

participantes con desarrollo típico. Del mismo modo, pero empleando un estímulo auditivo Chang et al. (2012), comprobaron una reactividad en sujetos TEA ante la presencia de un tono auditivo.

Hasta la fecha la metodología empleada para estudiar tanto el comportamiento sensorial y el entrenamiento en tareas imitativas, ha utilizado contextos experimentales reales con mediciones electrodermales o entornos virtuales, donde los resultados se han basado en evaluaciones observacionales. En el caso de los contextos reales, la principal limitación se centra en el control de los estímulos por parte del investigador (Loomis et al., 1999). Dicha limitación puede superar haciendo uso de *EVI*, donde podemos presentar estímulos similares a un contexto real, pero con un elevado control sobre los mismos. A la inversa, los contextos virtuales deben de incorporar mediciones psicofisiológicas para reportar resultados basados en mediciones objetivas basadas en la respuesta del participante (Alcañiz et al., 2019; Olmos-Raya et al., 2018).

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente, este capítulo se centrará en estudiar la respuesta electrodermal de sujetos con diagnóstico TEA y sujetos normotípicos en un *EVI*, donde mediaron tareas de imitación parcial y total y a las que se añadieron estímulos visuales, auditivos y olfativos. Además, se pretende profundizar en las relaciones entre las mismas y las baterías diagnósticas *ADOS-2*, *ADIR*, *Merrill Palmer* y *Short Sensory Profile*.

Para lograr el objetivo general se propone su desdoble en dos objetivos con sus correspondientes hipótesis:

- Objetivo 1 (*Ob. 1*): Analizar si en un contexto virtual con tareas de imitación total o parcial y estimulación visual, auditiva y olfativa condiciona el patrón de excitación de la población estudiada.

- Hipótesis 1 (*H1*): En tareas imitativas, la excitación general de los sujetos con respecto a un estado de reposo, se incrementa a medida que se introducen canales sensoriales.

- Hipótesis 2 (*H2*): La respuesta de los sujetos a un estímulo concreto varía entre la población TEA y con desarrollo típico, dependiendo de la tarea de imitación total o parcial.

- Hipótesis 3 (*H3*): El grado de incremento de agitación con respecto a la línea de reposo, presentará un patrón dispar entre sujetos TEA y con desarrollo típico, por la presencia de canales sensoriales y tareas de imitación total o parcial.

- Objetivo 2 (*Ob. 2*): Estudiar si la respuesta en la excitación ante tareas de imitación total o parcial en conjunción con la introducción de canales sensoriales, guarda relación con las baterías diagnósticas usadas en los sujetos TEA.

- Hipótesis 4 (*H4*): Existen relaciones entre el contexto virtual con tareas de imitación e introducción de canales sensoriales y las baterías diagnósticas.

## 5.2 Método

Se empleó un diseño experimental mixto 2 grupos (grupos TEA y grupo DT), un factor intrasujetos y uno intersujetos (véase figura 5.1 y figura 5.2), que contaron

con 3 niveles de estimulación e imitación (Visual/Imitación Parcial, Visual y Auditiva/Imitación Total y Visual Auditiva y Olfativa/Imitación Parcial). Tal como se resume en la tabla 5.1, en cada uno de los niveles de estimulación se extrajeron tres mediciones: la activación general de los sujetos (SCL), su activación frente a un estímulo concreto (SCR) y el grado de aumento de la excitación (Ratio).

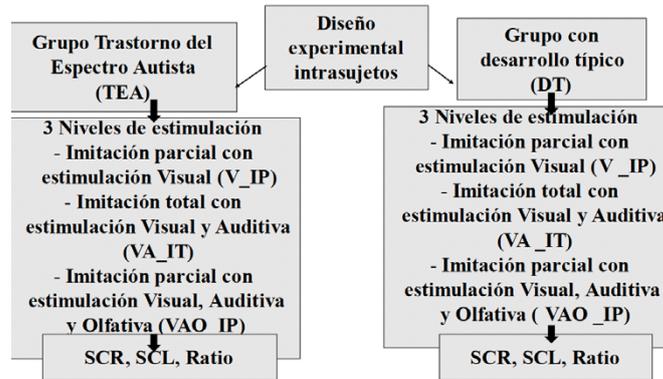


Figura 5.1: Modelo experimental intrasujeto.

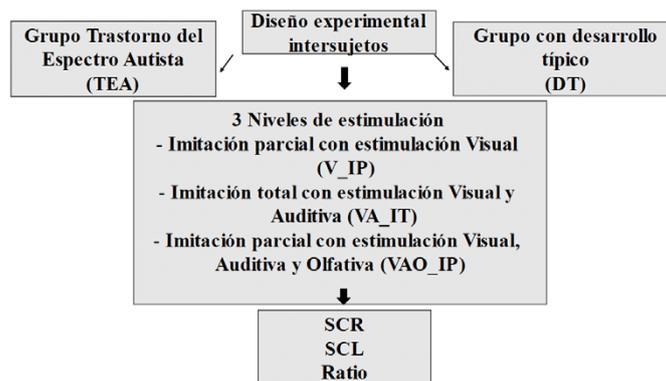


Figura 5.2: Modelo experimental intersujeto.

A continuación, se aplicó un diseño experimental de carácter transeccional correlacionales/causales, que implicó las variables electrodermales y las puntuaciones de las baterías diagnósticas del TEA (véase figura 5.3).

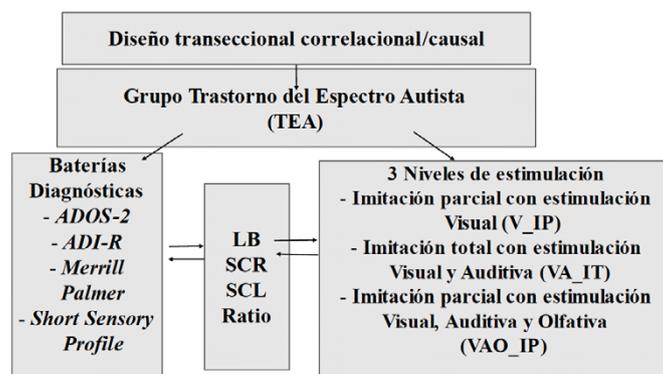


Figura 5.3: Diseño experimental correlacional.

**Tabla 5.1:** Condiciones experimentales, medidas EDA, abreviatura y actividad a realizar.

<i>Condición experimental</i>	<i>Medidas EDA</i>	<i>Abreviatura</i>	<i>Actividad a realizar</i>
Línea de Base Visual	Skin Conductance Response	LB_V	Relajante
Visual	Skin Conductance Level	SCL_V_IP	Imitación parcial (solo con las manos)
	Skin Conductance Response	SCR_V_IP	
	Ratio = SCR/LB_V	Ratio_V_IP	
Línea de Base Visual y Auditiva	Skin Conductance Response	LB_VA	Relajante
Visual y Auditivo	<i>Skin Conductance Level</i>	SCL_VA_IT	Imitación total (implica todo el cuerpo)
	<i>Skin Conductance Response</i>	SCR_VA_IT	
	Ratio = SCR/LB_VA	Ratio_VA_IT	
Línea de Base Visual, Auditiva y Olfativa	<i>Skin Conductance Response</i>	LB_VAO	Relajante
Visual, Auditivo y Olfativo	<i>Skin Conductance Level</i>	SCL_VA_IP	Imitación parcial (solo con las manos)
	<i>Skin Conductance Response</i>	SCR_VA_IP	
	Ratio = SCR/LB_VAO	Ratio_VA_IP	

En el presente estudio, al contrario que en el Estudio nº1, se ha excluido como variable experimental a analizar las denominadas líneas de base o LB. El contenido estimular implicaba movimiento, por lo cual dicha actividad física puede condicionar los resultados por una acumulación del sudor en los electrodos del dispositivo de medición EDA (Slater, Guger, Edlinger, Leeb, Pfurtscheller, Antley, Garau, Brogni Friedman & Friedman, 2006).

### 5.2.1 Participantes

El Estudio nº2, contó con un total de 49 participantes, divididos en dos grupos. Por un lado, 29 de los mismos contaban con un diagnóstico TEA (grupo TEA) (M= 5.22 DE= 1.86), mientras que los 20 restantes pertenecieron al grupo de participantes con desarrollo típico (grupo DT) (M= 5.13 DE= 1.35) (véase tabla 5.2).

Cabe señalar que los sujetos diagnosticados con TEA, fueron en su mayoría, los mismos que en el Estudio nº1, procedentes de centros hospitalarios, centros de atención temprana o clínicas de psicoterapia situados en la ciudad de Valencia (España). En cambio, sí que se produjo una variación total en los sujetos con desarrollo típico con respecto a experiencia anterior. Ello se debió a que, mientras las familias de los sujetos TEA fueron más constantes en la participación, a pesar del descenso de participantes, dada su implicación con toda experimentación que amplíe el conocimiento sobre la afección, las familias del grupo con desarrollo típico no lo fueron, teniendo los investigadores que hacer de nuevo captación de muestra para este grupo, utilizando para ello como recurso las redes sociales.

**Tabla 5.2:** Características muestrales Estudio n°2.

<i>Muestra</i>	<i>Grupo con Desarrollo Típico (Grupo DT) N=20</i>	<i>Grupo Trastorno Espectro Autista (Grupo TEA) N=29</i>
Media de edad	5.22	5.13
Desviación típica	1.35	1.86
Sexo masculino	11	24
Sexo femenino	9	5

Los criterios de exclusión fijados en el Estudio n°1, se mantuvieron en la presente experiencia, haciendo alusión en ambos grupos al rango de edad (entre 3 y 7 años) y que no hubiese ninguna discapacidad de carácter visual. En el caso de los sujetos TEA, se volvieron a establecer como criterios de exclusión la no tolerancia a la entrada al *EVI*, a la colocación del dispositivo de medición de actividad electrodermal o el no estar en posesión de un informe oficial que reflejase su diagnóstico. Además, debía de contar con desarrollo del lenguaje, ya fuese con palabras sueltas o frases. El caso de los sujetos con desarrollo típico, quedaron excluidos todos los participantes que contasen con familiares de 1° y 2° grado con TEA.

Unicamente 25 participantes del grupo TEA propocionaron los informes diagnósticos, con sus correspondientes puntuaciones en la batería diagnóstica *ADOS-2 (Autism Diagnostic Observation Schedule)* (Lord et al., 2015), la prueba de evaluación específica destinada a las familias *ADI-R (Entrevista para el Diagnóstico del Autismo)* (Rutter & Le Couteur, 2006), la evaluación sobre el grado de desarrollo y nivel intelectual, Escala de Desarrollo *Merrill Palmer Revisada* (Roid & Sampers, 2011) y el *Short Sensory Profile* versión abreviada de *Child Sensory Profile 2*, aportadas por las familias con el objetivo de evaluar la presencia de déficits de carácter sensorial (Dunn & Westman, 1997).

Del mismo modo que en el Estudio n°1, se calcularon las puntuaciones promedio, desviación estándar y las puntuaciones máximas y mínimas de dichas escalas, relutando de nuevo un grupo poblacional TEA de carácter heterogéneo, condicionado por la dificultad de acceso a la muestra (véase tabla 5.3, tabla 5.4 y tabla 5.5).

**Tabla 5.3:** Número de participantes diagnosticados con *ADOS-2*, promedio puntuaciones y *Desviación Estándar* (n=25).

Área	<i>Puntuaciones ADOS-2</i>			
	M	DE	Máximo	Máximo
Total, afectación social	10.71	4.01	20	5
Comportamiento restringido y repetitivo	2.71	1.40	6	1
Puntuación global	14.42	4.38	24	7

**Tabla 5.4:** *Número de participantes diagnosticados con ADI-R, promedio puntuaciones y Desviación Estándar (n=25).*

<i>Puntuaciones ADI-R</i>				
Área	M	DE	Máximo	Máximo
Interacción social	13.85	5.21	25	3
Comunicación social	10.85	3.77	19	1
Patrones de conducta restringidos. Repetitivos y estereotipados	2.71	1.60	7	1
Anormalidades en el desarrollo antes de los 36 meses	4.28	0.88	5	2

**Tabla 5.5:** *Promedio puntuaciones, Desviación Estándar y número de participantes con Perfil Sensorial (n=25).*

Área	M	DE	Máximo	Máximo
Buscador	16.25	5.46	28	6
Evitador	22.78	7.23	35	9
Sensibilidad	26.35	7.19	37	14
Registro	15.85	6.34	31	9
Sensorial	31.82	8.80	45	72
Comportamiento	49.82	13.00	72	28

### **5.2.2 Técnicas de recogida de la información.**

La información sobre la medición de la actividad electrodermal de los sujetos, las fases que la componen (Skin Conductance Level y Skin Conductance Response), las medidas obtenidas a partir de las mismas (Línea de Base y Ratio) y el dispositivo usado para el registro (*Empática E4*), han quedado plasmados en el Capítulo 3, en el epígrafe sobre *3.6 Técnicas de recogida de la información*.

### **5.2.3 Estructura del Sistema del EVI**

Los distintos elementos que conforman el Entorno Virtual Inmersivo han sido descritos en el Capítulo 4, en el epígrafe que hace referencia a *4.2.3 Estructura del Sistema del EVI*.

### **5.2.4 Contenido del EVI**

El contenido presentado a los participantes tuvo una duración de 14 minutos y 15 segundos y se estructuró en torno a 3 fases, teniendo cada una de ellas una línea de base (véase figura 5.6) previa, siendo el mismo que el empleado en el Estudio nº1, donde aparecía la imagen de un bosque al atardecer acompañado de música relajante (véase tabla 5.6).

**Tabla 5.6:** Cronología Estudio n°2.

<i>Condición experimental</i>	<i>Estímulo</i>	<i>Nombre variable</i>	<i>Tiempo de exposición</i>	<i>Medidas EDA</i>
Cuenta atrás inicio experiencia			10 segundos	
Línea de Base Visual	Imágenes de un bosque con música relajante	LB_V	120 segundos	SCR
Visual	Imágenes Ciudad Avatar niño y niña. Imitación Parcial respuesta al saludo	SCL_V_IP SCR_V_IP Ratio_V_IP	153 segundos	SCL SCR RATIO = SCR/LB
Línea de Base Visual y Auditiva	Imágenes de un bosque con música relajante	LB_VA	120 segundos	SCR
Visual y Auditivo	Imágenes Ciudad Avatar niño y niña. Imitación total baile	SCL_VA_IT SCR_VA_IT Ratio_VA_IT	158 segundos	SCL SCR RATIO = SCR/LB
Línea de Base Visual. Auditiva y Olfativa	Imágenes de un bosque con música relajante	LB_VAO	120 segundos	SCR
Visual, Auditivo y Olfativo	Imágenes Ciudad Avatar niño y niña. Imitación parcial comer. Procesamiento Olfativo	SCL_VA_IP SCR_VA_IP Ratio_VA_IP	158 segundos	SCL SCR RATIO = SCR/LB
Cuenta atrás final experiencia			10 segundos	
Tiempo de exposición total			548 segundos (9.08 minutos)	

La primera fase experimental correspondiente a la estimulación visual que tuvo una duración de 152 segundos, contó con una actividad de imitación parcial, dado que los sujetos solo tuvieron que utilizar los brazos y las manos. Se desarrolló en un contexto visual que representaba la calle de una ciudad. En ella, en primer lugar, aparecía un avatar niño por la parte izquierda del *EVI*, caminaba hacia la pared central del mismo, donde saludaba al participante. Posteriormente el avatar caminaba por el lado derecho del *EVI* y desaparecía. A continuación, apareció un avatar niña que realizó el mismo recorrido y las mismas acciones que el anterior. Dicha condición, vinculada a la estimulación visual y a la respuesta de los sujetos a una actividad de imitación parcial, se repitió en tres ocasiones para el avatar niño y tres más para el avatar niña, intercalándose ambos en su aparición (véase figura 5.4).



Figura 5.4: Condición Visual con actividad de imitación parcial.

La segunda de las fases, tal como muestra la figura 5.5, correspondió a la estimulación visual y auditiva. en ella debían de imitar, usando todo su cuerpo el baile del avatar. Se mantuvo el contexto de la calle de una ciudad, donde un avatar niño salió por el lado derecho del entorno, se detuvo en el centro donde comenzó a bailar un fragmento de la canción Last Dance de Donna Summer, para posteriormente desaparecer por el lado izquierdo. A continuación, apareció un avatar niña siguiendo el mismo recorrido y realizando las mismas acciones. La condición visual y auditiva se repitió en tres ocasiones para el avatar niño y niña, combinándose ambos en su aparición. Dicha condición contó con una duración de 152 segundos.

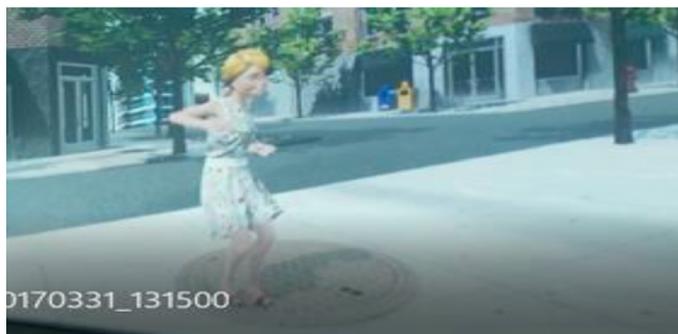


Figura 5.5: Condición Visual y Auditiva con actividad de imitación total.

La última de las tres condiciones experimentales (152 segundos), en la cual se añadió la estimulación olfativa, se realizó una tarea de imitación parcial. Un avatar niño salió por el lado derecho del entorno, se detuvo en el centro mientras comía un bollo y se lanzaba olor a mantequilla. A continuación, salió un avatar niña que realizó la misma trayectoria y las mismas acciones. La acción de imitación parcial y de estimulación olfativa, se repitió en tres ocasiones tanto en el avatar niño como niña y en las tres medidas *EDA*, intercalándose ambos como en las condiciones anteriores.

La sincronización del contenido del *EVI* y el registro de la señal *EDA*, siguió el procedimiento descrito en el epígrafe 4.2.3 *Estructura del Sistema del EVI del Capítulo 4*.

### 5.2.5 Procedimiento

Previamente a la experiencia de investigación y con el fin de obtener nuevos participantes, se llevó a cabo una tarea de difusión por redes sociales, tal como muestra el Anexo C. Ello tuvo como objetivo principal aportar participantes con desarrollo típico, ya que dicha población se caracterizó por la inestabilidad a la hora de acudir a las citas de la experimentación. Para ello se redactó un tríptico ad hoc, donde se informó de los objetivos tanto de la presente investigación como de la siguiente. La información fue divulgada por asociaciones, hospitales y clínicas especializadas con el fin de aumentar la muestra de pacientes TEA.

Una vez concertada la cita y previa a la experiencia, los investigadores informaron a las familias de los objetivos, medidas fisiológicas y dispositivo mediante el mismo consentimiento informado que se detalla en el apartado 4.2.5 *Procedimiento del Capítulo número 4*.

Una vez firmado el consentimiento, los investigadores acompañaron a los sujetos hasta el *EVI*. Dentro de él, les explicaron que tenían que quedarse de pie en el centro de la

habitación e intentar, en la medida de lo posible, realizar las mismas tareas que harían los personajes virtuales cuando apareciesen. Para asegurarse de su comprensión, se pusieron dos ejemplos: en el primero se preguntó al sujeto que, si el personaje se tocaba la nariz, él que haría y en el segundo se preguntó qué haría si el personaje se levantaba y se sentaba. Una vez comprendida dicha indicación, se procedió a la colocación del dispositivo de medición *EDA* en la muñeca de la mano no dominante, siempre revisando que estuviese en contacto con la piel (véase figura 4.8 y figura 4.9).

Posteriormente se inició la experiencia y tras la cuenta atrás de inicio 10 segundos, el investigador realizó una marca o tag para indicar el inicio de la misma, marca que realizó de nuevo al final de la experimentación, tras la cuenta atrás final con la misma duración.

En cuanto a la descarga de la señal *EDA*, la codificación de los datos personales de los sujetos, puntuaciones de las baterías diagnósticas y pre procesado y procesado de la señal de la actividad electrodermal, se utilizaron las mismas técnicas descritas en el 4.2.5 *Procedimiento del Capítulo 4*.

Una vez procesados los datos obtenidos de los sujetos sobre *EDA*, se usó el programa estadístico de IBM SPSS Statistics 22.0.

### **5.3 Análisis de Datos**

En primer lugar, para conocer la distribución de los datos del Estudio nº2, se llevó a cabo la prueba de *Kolmogorov-Smirnov* para una muestra, habiendo una distribución no normal de las variables ( $p < .05$ ). Tras ello, se aplicó estadística inferencial no paramétrica. Concretamente, aplicando la prueba *Wilcoxon Test*, para estudiar el comportamiento dentro de cada grupo y *U* de Mann-Whitney, para analizar las diferencias entre los grupos, con el objetivo de analizar las medidas proporcionadas por el *EDA* (*SCL*, *SCR* y *Ratio*), y las variables estímulares con tareas de imitación total y parcial (*V-IP*, *VA-IT* y *VAO-IP*).

Para el estudio de las relaciones entre las medidas *EDA* y las baterías diagnósticas, dado el descenso de la muestra, se utilizó un análisis correlacional no paramétrico de Spearman, calculándose además el coeficiente de determinación ( $R^2 > 1$ ). Para la estadística inferencial se estableció un nivel de significación de ( $p < .05$ ), representando la probabilidad de error que se asume (Bisquerra Alzina & Vilá Baños, 2014).

### **5.4 Resultados Estudio nº2**

Seguidamente, en este apartado, se presentan los resultados obtenidos en función de los objetivos inicialmente planteados para el Estudio nº2. En ellos se presentan valores descriptivos, en cuando a media y desviación estándar de las variables, así como gráficas de los grupos poblacionales a analizar.

*Objetivo 1: Analizar si en un contexto virtual con tareas de imitación total o parcial y estimulación visual, auditiva y olfativa condiciona el patrón de excitación de la población estudiada.*

Para obtener una respuesta al primer objetivo, consideramos estudiar el comportamiento electrodermal tanto de los sujetos TEA como DT, ante un contexto de imitación parcial con estimulación visual y auditiva e imitación parcial, conjuntamente con la introducción de la estimulación olfativa.

- (H1): *En tareas imitativas, la excitación general de los sujetos con respecto a un estado de reposo, se incrementa a medida que se introducen canales sensoriales.*

Para el contraste de la *H1* se tuvo en cuenta al grupo TEA y el grupo DT, implicando en el análisis las variables EDA de la condición visual LB\_V y SCL\_V\_IP, de la auditiva LB\_VA y SCL\_VA\_IT, ambas con imitación parcial, y olfativa LB\_VAO y SCL\_VAO\_IP, con imitación total.

El test de *Wilcoxon* mostró que el grupo TEA halló diferencias estadísticamente significativas entre las condiciones SCL\_V\_IP - LB\_V ( $z = -4.761, p < .05$ ), SCL\_VA\_IT - LB\_VA ( $z = -4.762, p < .05$ ) y SCL\_VAO\_IP - LB\_VAO ( $z = -4.741, p < .05$ ). Tal como podemos observar en la figura 5.6, dicho resultado apunta hacia un incremento del *EDA* en SCL en el grupo TEA con respecto a la línea de base previa, en todas las condiciones experimentales, independientemente del tipo de imitación o canal sensorial introducido. No obstante, la actividad electrodermal fue más elevada al inicio de la experiencia, cuando se introdujo el canal visual en un contexto de imitación parcial.

Respecto al grupo DT, el análisis mostró la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre las condiciones SCL\_V\_IP - LB\_V ( $z = -3.920, p < .05$ ), SCL\_VA\_IT - LB\_VA ( $z = -4.762, p < .05$ ) y SCL\_VAO\_IP - LB\_VAO ( $z = -3.920, p < .05$ ). Dichos resultados apuntan a un aumento del *EDA* en todas las condiciones estímulares con respecto a su línea basal o estado de reposo, teniendo los valores más elevados cuando medió el canal visual y un proceso de imitación parcial (véase tabla 5.7).

Con ello los resultados apuntan a que en ambos grupos mostraron en general un aumento de la excitación en todas las condiciones con respecto a su línea de base previa, pero habiendo una mayor carga electrodermal tras la primera línea de base, cuando se produjo una estimulación visual con un proceso de imitación parcial. Ello coincidió con el inicio de la experiencia, la cual era ya conocida por los sujetos TEA, pero no por los normotípicos, dado el cambio de participantes con respecto al Estudio nº1.

El comportamiento similar de ambos grupos se vio reflejado en la prueba de *Mann-Whitney*. Los resultados no hallaron diferencias estadísticamente significativas entre ninguna de las condiciones experimentales. Ello apunta hacia una activación similar entre el grupo TEA y DT, con independencia del canal sensorial introducido, el proceso imitativo a realizar y del conocimiento previo del *EVI* (véase figura 5.6).

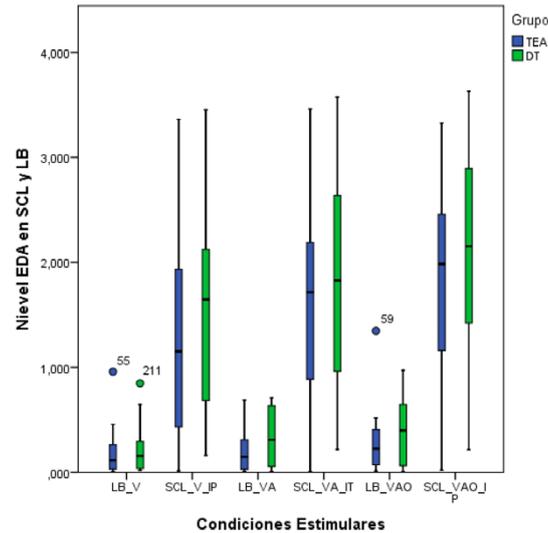


Figura 5.6: Activación EDA en SCL con respecto a sus líneas de base en sujetos TEA y DT.

Tabla 5.7: Mediana y Desviación estándar grupo TEA y DT en las condiciones experimentales de LB y SCL.

Condiciones estimulatorias	Mediana Grupo TEA	Desviación estándar Grupo TEA	Mediana Grupo DT	Desviación estándar Grupo DT
LB_V	.114	.203	.155	.219
SCL_V_IP	1.151	.939	1.647	.958
LB_VA	.147	.195	.310	.267
SCR_VA_IT	.260	.200	.434	.304
LB_VAO	.225	.268	.399	.309
SCR_VAO_IP	.205	.618	.467	.319

Para dar respuesta al comportamiento del EDA frente a un estímulo concreto o SCR, se planteó la siguiente hipótesis:

- (H2): La respuesta de los sujetos a un estímulo concreto varía entre la población TEA y con desarrollo típico, dependiendo de la tarea de imitación total o parcial.

Para el contraste de dicha hipótesis, se introdujeron las variables EDA en su fase SCR (SCR\_V\_IP, SCR\_VA\_IT y SCR\_VAO\_IP), tanto del grupo TEA como del grupo DT.

El test de Wilcoxon mostró en el grupo TEA diferencias estadísticamente significativas entre las condiciones estimulatorias SCR\_VAO\_IP - SCR\_V\_IPV ( $z = -2.355$ ,  $p < .05$ ), desapareciendo dichas diferencias en el resto de condiciones (véase figura 5.7). Estos resultados apuntan a que es el canal introducido y no el tipo de imitación total o parcial, el que hace que se produzca una variación en la actividad electrodermal de los sujetos TEA, siendo más elevada en la estimulación olfativa que en la visual (véase tabla 5.8).

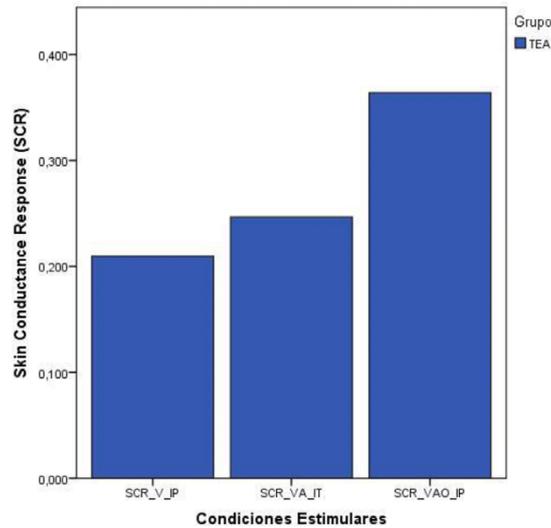


Figura 5.7: Activación SCR grupo TEA a lo largo de las condiciones estímulares.

**Tabla 5.8:** Mediana y Desviación estándar grupo TEA y DT en las condiciones experimentales SCR.

Condiciones estímulares	Mediana Grupo TEA	Desviación estándar Grupo TEA	Mediana Grupo DT	Desviación estándar Grupo DT
SCR_V_IP	.135	.223	.230	.254
SCR_VA_IT	.260	.200	.434	.304
SCR_VAO_IP	.205	.619	.467	.319

En el grupo DT se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre las condiciones SCR\_VA\_IT - SCR\_V\_IP, ( $z = -2.613, p < .05$ ), SCR\_VAO\_IP - SCR\_V\_IP, ( $z = -2.837, p < .05$ ) y SCR\_VAO\_IP - SCR\_VA\_IP, ( $z = -2.165, p < .05$ ) (véase figura 5.8). En ello se observó que la excitación fue más elevada frente a una imitación parcial con estimulación olfativa, la cual fue descendiendo significativamente ante una imitación total auditiva o ante una imitación parcial visual respectivamente (véase tabla 5.8).

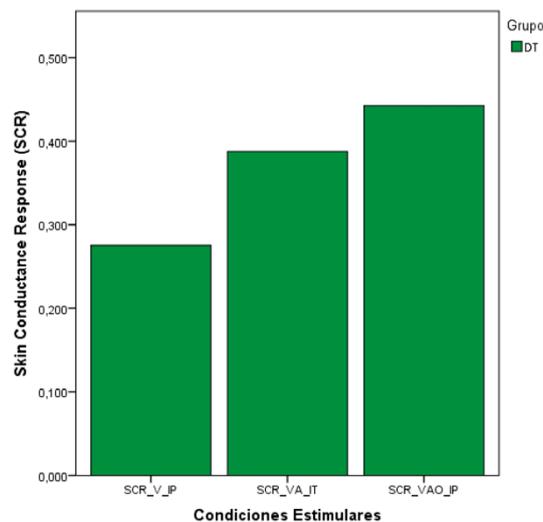


Figura 5.8: Activación SCR grupo DT a lo largo de las condiciones estímulares.

La diferencia de comportamiento entre los grupos se reflejó en los resultados de la prueba de *Mann-Whitney*. Se encontraron diferencias marginalmente significativas entre los grupos experimentales entre las condiciones SCR\_VA\_IT ( $z = -1.743, p = .08$ ) y SCR\_VAO\_IP ( $z = -2.355, p = .06$ ). En general, los resultados indican que la población con desarrollo típico tuvo una activación marginalmente más elevada ante una experiencia de estimulación auditiva con imitación total y olfativa con procesos imitativos parciales (véase figura 5.9).

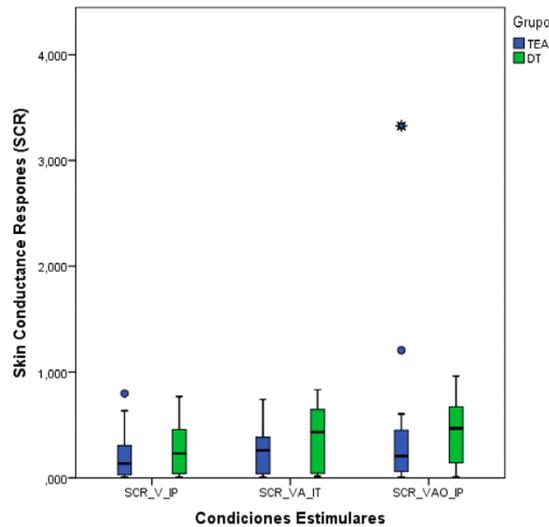


Figura 5.9: Activación SCR grupo TEA y grupo DT a lo largo de las condiciones estimulares.

Para el estudio del grado de incremento electrodermal de los sujetos con respecto a sus niveles basales o Ratio, se formuló la siguiente hipótesis:

- (H3): El grado de incremento de agitación con respecto a la línea de reposo, presentará un patrón dispar entre sujetos TEA y con desarrollo típico, por la presencia de canales sensoriales y tareas de imitación total o parcial.

Con el fin de contrastar la hipótesis, se introdujeron como variables las medidas Ratio\_V\_IP, Ratio\_VA\_IT y Ratio\_VAO\_IP.

El test Wilcoxon mostró diferencias estadísticamente significativas únicamente entre las condiciones Ratio\_VAO\_IP - Ratio\_VA\_IT ( $z = -2.540, p < .05$ ), desapareciendo dichas diferencias en el resto de condiciones estimulares (véase tabla 5.9). Tal como muestra la figura 5.10, el resultado muestra como los sujetos TEA tuvieron un incremento mayor ante una condición con estimulación auditiva e imitación total, que frente a otra donde intervino el sentido olfativo y un proceso de imitación parcial.

Tabla 5.9: Mediana y Desviación estándar grupo TEA y DT en las condiciones experimentales Ratio.

Condiciones estimulares	Mediana Grupo TEA	Desviación estándar Grupo TEA	Mediana Grupo DT	Desviación estándar Grupo DT
Ratio_V_IP	1.06	3.20	1.33	0.47
Ratio_VA_IT	1.48	1.95	1.23	0.89
Ratio_VAO_IP	0.97	1.11	1.13	0.45

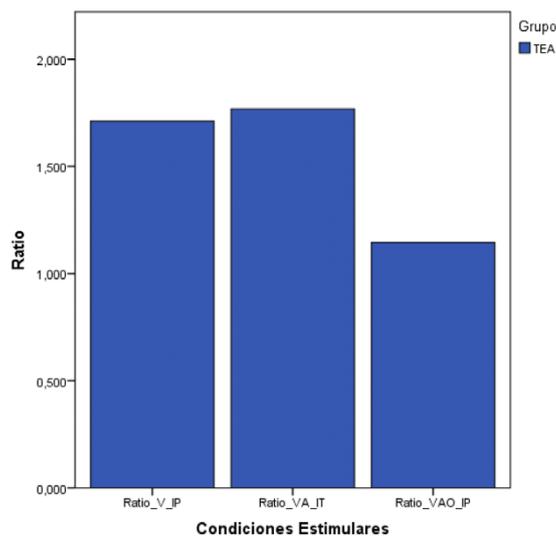


Figura 5.10: Activación en Ratio grupo TEA a lo largo de las condiciones estímulares.

Respecto al grupo DT, el test *Wilcoxon* halló que no se dieron diferencias estadísticamente significativas en la medida Ratio en ninguna de las condiciones experimentales (véase tabla 5.9). Este resultado muestra que no hubo una variación en los niveles Ratio independientemente del canal sensorial introducido y del tipo de imitación (véase figura 5.11).

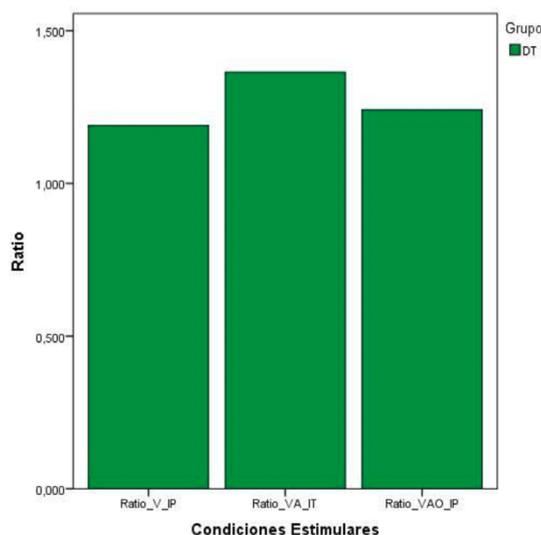


Figura 5.11: Activación en Ratio grupo DT a lo largo de las condiciones estímulares.

La prueba no paramétrica *Mann-Whitney* mostró diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en la condición Ratio\_VAO\_IP ( $z = -2.540, p < .05$ ). No habiendo diferencias en el resto de situaciones experimentales. El resultado apunta a que el grupo DT (Mdn=.1.134) mostró una mayor activación ante la estimulación olfativa e imitación parcial que el grupo TEA (Mdn=.974) (véase figura 5.12).

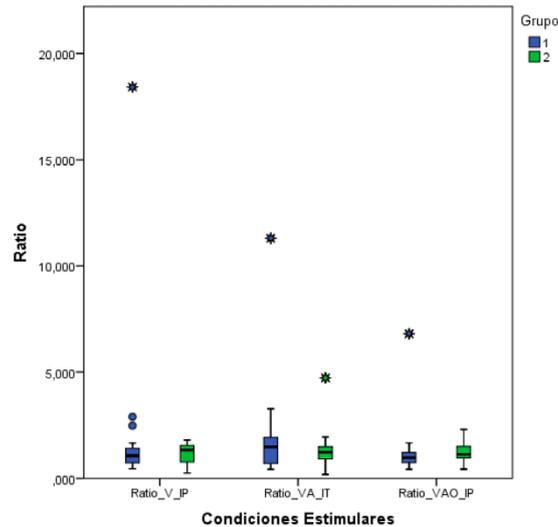


Figura 5.12: Activación en Ratio grupo TEA y grupo DT a lo largo de las condiciones estímulares.

Objetivo 2: *Analizar las relaciones entre las medidas de actividad electrodermal y las baterías diagnósticas usadas en los sujetos TEA.*

Con el fin de dar respuesta al objetivo planteado, se aplicó la función de correlación de Spearman, empleado como variables las mediciones *EDA* (LB, SCL, SCR y Ratio) y las puntuaciones de las baterías diagnósticas, contrastandolas siguientes hipótesis:

- (H4): *Existen relaciones entre el contexto virtual con tareas de imitación e introducción de canales sensoriales y las baterías diagnósticas.*

La función de correlación de Spearman mostró, en la escala *ADOS-2*, una relación lineal estadísticamente significativa, moderada e inversamente proporcional, entre la actitud la medida *EDA* Ratio\_VAO\_IP y Comportamientos Repetitivos y Estereotipados ( $r = -.468, p < .05$ ). A pesar de los resultados, la figura 1 que contiene el Anexo G, indica que no existe una relación entre ambas variables ( $R^2 = .112$ ).

En referencia a la escala *ADI-R*, la función de correlación de Spearman halló una relación lineal estadísticamente significativa, moderada e inversamente proporcional entre la medida Ratio\_VAO\_IP y los patrones de comportamiento restringidos, repetitivos y estereotipados ( $r = -.414, p < .05$ ). Pero si analizamos el Anexo G, la figura 2 muestra que no existe una relación fuerte entre las condiciones experimentales descritas ( $R^2 = .006$ ).

A pesar de la significatividad de los resultados, las gráficas de dispersión indican que dichas relaciones lineales no fueron de carácter significativo ni en las escalas *ADOS-2* ni *ADI-R* (véase Anexo H).

En cuanto a la Escala de Desarrollo *Merrill Palmer*, los resultados tras la función de correlación de *Spearman*, hallaron correlaciones significativas inversamente proporcionales entre la Puntuación Típica en cuanto a velocidad de procesamiento y la condición LB\_V ( $r = -.468, p < .05$ ), SCL\_V ( $r = -.605, p < .05$ ), SCR\_V ( $r = -.407, p < .05$ ), LB\_VA ( $r = -.552, p < .05$ ) y SCL\_VA ( $r = -.553, p < .05$ ). No obstante, si analizamos la figura 1, figura 2, figura 3, figura 4 y la figura 5 del Anexo H, vemos que no se dio una relación fuerte entre ninguna de las variables *EDA* y las puntuaciones proporcionadas en

cuanto a velocidad de procesamiento ( $R^2 > 1$ ).

No se hallaron relaciones de carácter significativo entre ninguna de las medidas *EDA* y las puntuaciones del cuestionario Short Sensory Profile.

### 5.5 Discusión

A continuación, en el presente apartado iremos contestando a cada una de las hipótesis planteadas inicialmente para el Estudio nº2 según los resultados, relacionándolas con el marco teórico.

En referencia a la *H1*, el nivel de activación general de los sujetos (SCL), fue aumentando a medida que se introdujo el canal visual, auditivo y el olfativo, con independencia de la actividad a realizar en cuanto a imitación total o parcial. Es por ello que, la carga sensorial es lo que pudo funcionar como activador del *EDA*. Estos hallazgos tienen coincidencias con la investigación de Albores-Gallo et al. (2008), quienes apuntaron a que la introducción de estímulos puede derivar en estrés de carácter social. Del mismo modo, Prince et al. 2016, observaron cómo los sujetos aumentaron sus niveles *EDA* producto de tener que gestionar una mayor carga cognitiva. Corbett, Muscatello, & Blain (2016), también hallaron mediante mediciones con resonancia magnética funcional, que la activación cerebral de los sujetos TEA aumentó a medida que introdujeron modalidades sensoriales auditivas y táctiles.

La falta de diferencias entre los grupos puede estar en consonancia con Zahn et al. (1987), quienes no hallaron tampoco diferencias en dicha medida ante la presencia en tareas de carácter atencional en la que mediaba un estímulo acústico. Allen et al. (2013), aunque en su estudio no especifican la fase de *EDA* analizada, tampoco encontraron diferencias entre los participantes ante la presencia de una melodía musical. Así también, Riby et al. (2012), analizó las diferencias en SCL ante un estímulo visual de carácter emocional y encontraron, que del mismo modo que en nuestra experiencia, el grupo de normotípico mostró una activación más elevada que los participantes con afección TEA, aunque sin reportar diferencias. McCormick et al. (2014) en su trabajo sobre actividad electrodermal y estimulación sensorial, tampoco observaron diferencias entre los grupos ante un estímulo auditivo, olfativo, visual y táctil.

Respecto a la *H2*, ambos grupos aumentan sus niveles *EDA* frente a un estímulo o *SCR* a medida que se introdujeron canales sensoriales. Pero mientras que el grupo de sujetos con desarrollo típico vieron como sus niveles aumentaban significativamente a lo largo de todas las condiciones estimulares, los sujetos TEA únicamente sufrieron variaciones entre una estimulación visual y otra olfativa ambas de imitación parcial. Dichos resultados se encuentran de acuerdo con McDiarmid, Bernardos, & Rankin (2017), quienes apuntan que la falta de capacidad imitativa en sujetos TEA, pudo hacer que percibieran la condición auditiva con imitación total (*SCR\_VA\_IT*) como un estímulo poco relevante, lo que explicaría que los sujetos normotípicos mostrasen mayor reactividad. Esto puede hallarse en consonancia con los déficits motores asociados con la afección, dada la relación existente entre el deterioro de la destreza en la motricidad gruesa, referente a brazos y piernas y la capacidad de imitar a otros (Cornelio-Nieto, 2009). Disfunción que se encuentra en relación con las llamadas neuronas espejo, las cuales juegan un papel fundamental en el aprendizaje por imitación y en los procesos de imitación (Rizzolatti & Sinigaglia, 2006). Por tanto, la disfunción en los procesos de imitación, pudo condicionar la estabilización de los participantes TEA, mientras que los que presentaban un desarrollo típico, realizaron el baile del avatar en coordinación

con el mismo, lo que pudo aumentar su excitación, dada la relación de la misma con el movimiento (Chellali & Hennig, 2013).

Por el contrario, los participantes TEA, tras la condición de imitación total auditiva (SCR\_VA\_IT), de nuevo sufren un incremento en SCR, coincidiendo con un estímulo olfativo y de imitación parcial (SCR\_VAO\_IP). Estos resultados pudieron deberse a un retraso en el registro de la señal *EDA*. Stevens & Gruzelier (1984) y Van Engeland (1984), encontraron un retraso en el registro *EDA* y lentitud de la señal en sujetos TEA, pero en ambos casos frente a un estímulo auditivo.

En lo que se refiere a las diferencias entre los grupos, los resultados apuntaron a que los sujetos con desarrollo típico mostraron una mayor excitación frente a un estímulo visual con imitación parcial (SCR\_V\_IP) que los sujetos TEA. Ello pudo deberse a que, al ser la primera condición de la experiencia, pudo estar condicionada por la anticipación que se realizó a los participantes TEA. Ello pudo provocar una mejor comprensión del contexto (Gómez & Álvarez, 2008). Dicha afirmación, se encuentra en la línea de South & Rodgers (2017), quienes informaron que la baja tolerancia a la incertidumbre puede ser un factor decisivo para la sobreexcitación. Por ello, al ser conocedores del contexto, pudieron regular mejor su excitación electrodérmica. La presencia de un estímulo olfativo (SCR\_VAO\_IP), fue modernamente menor que en los sujetos con desarrollo típico. Esta excitación cuando intervino en el canal olfativo, se encuentra en la línea del trabajo de Legiša et al. 2013, quienes hallaron sutiles diferencias entre los grupos, pero del mismo modo que en nuestro resultado, los participantes TEA tuvieron una menor capacidad de informar emocionalmente frente al olor.

Acerca de la *H3*, la medida Ratio, la cual proporciona información del grado de incremento *EDA* frente a su Línea de Base previa (Marín-Morales et al., 2017), mostró que los participantes normotípicos tendieron a una estabilidad en las tres condiciones estimulares. El carácter repetitivo de las líneas basales pudo generar un estado de aburrimiento (Sohn et al., 2001) y por tanto una sobreexcitación. Además, la realización de tareas de imitación que implicaban actividad física, pudo incrementar los niveles de excitación (Slater et al., 2006) y por tanto una menor variabilidad entre las mediciones *EDA*, *LB* y *SCR*.

En cambio, el grupo TEA mostró una variación significativamente mayor frente a un estímulo auditivo de imitación total (Ratio\_VA\_IT) que a uno olfativo de imitación parcial (Ratio\_VAO\_IP) con respecto al estado de reposo previo. Ello pudo deberse a que, al partir de niveles basales más bajos producto de la habituación (Johnson & Picard, 2017) provocada por la tarea anticipatoria, la medida Ratio fue más elevada en las condiciones (Ratio\_VA\_IP) y (Ratio\_VA\_IT). Mientras que, cuando intervino del sentido del olfato (Ratio\_VAO\_IP), al contar con una menor capacidad para procesar dicha estimulación (Legiša et al., 2013), la diferencia con el estado de reposo fue menor. Para Wicker et al. (2016), los sujetos con TEA no difieren de sus pares normotípicos antes olores placenteros, pero sí cuando están frente a olores desagradables, por lo que pudieron percibir el olor a mantequilla como un olor poco placentero.

Fue el grupo con desarrollo típico el que presentó una variabilidad significativamente mayor que el grupo TEA frente a una condición olfativa de estimulación parcial (Ratio\_VAO\_IP). Este hallazgo pudo darse por efecto acumulativo de la actividad física realizada frente a una imitación total en forma de baile. Dicho resultado se encuentra en consonancia con el trabajo de Slater et al. (2006), quienes afirman que los valores

electrodermales tienen tendencia a aumentar cuando se produce una acumulación del sudor en los electrodos.

Finalmente, en cuanto a la *H4*, no se dio una relación fuerte entre ninguna de las variables *EDA* y las puntuaciones de los sujetos TEA en las baterías diagnósticas *ADOS-2* y *ADI-R*. Dichos resultados son contrarios a los obtenidos por Fenning et al. (2017), quienes hallaron una relación lineal de carácter significativo entre la actividad electrodermal y la presencia de síntomas, pero utilizando para ello las puntuaciones globales de batería diagnóstica *ADOS-G* y no todas las áreas incluidas en la misma. También Prince et al. (2017) hallaron dichas relaciones entre la medida *EDA* y *SCL*, obtenida en un contexto real con juguetes dinámicos y las puntuaciones referentes a comportamientos repetitivos y estereotipados evaluadas por el *ADOS-2*. En ambas investigaciones el número de participantes fue más elevado que en el presente estudio, por lo que el tamaño de la misma pudo ser un condicionante. Además, la introducción en el presente estudio de varios perfiles TEA, pudo condicionar también nuestros hallazgos (Lydon et al., 2014). Tras la revisión de la literatura, no hay un trabajo de investigación específico que evalúe las relaciones entre la batería diagnóstica destinada a las familias *ADI-R* y las medidas *EDA*, por ello los trabajos futuros deberían contrastar nuestros resultados.

No aparecieron relaciones lineales de carácter significativo entre la escala de desarrollo *Merrill Palmer* y las medidas electrodermales. Dichos resultados pudieron verse condicionados por el tamaño de la muestra, pero del mismo modo que en la batería diagnóstica *ADI-R*, futuros estudios deberían replicar nuestros resultados, dada la carencia de estudios científicos enfocados a buscar dichas relaciones. Del mismo modo, no existieron relaciones significativas entre las condiciones experimentales y los resultados del cuestionario *Short SensoryProfile*. Dicho resultado se encuentra en la línea del trabajo de McCormick et al. (2014); Schoen et al. (2009), quienes hallaron la misma carencia de relaciones lineales, pero ante una tarea visual, auditiva, olfativa y táctil en un contexto real.

## 5.6 Conclusiones

Para concluir el presente capítulo, se detallarán las conclusiones obtenidas con respecto a cada uno de los objetivos planteados.

### Conclusiones *Objetivo 1:*

En general, ambos grupos, mostraron un incremento de la excitación a medida que se introdujeron canales sensoriales, tanto en la fase *SCL* como *SCR*, lo que pudo deberse a la necesidad de tener que gestionar una mayor carga sensorial. En el caso de los sujetos TEA, la carencia de capacidad imitativa, pudo derivar en que percibirán como irrelevante un estímulo de imitación total (*VA\_IT*), por lo que su excitación general (*SCL*) no sufrió variaciones en este contexto, con respecto a los otros procesos de imitación parcial. En cambio, cuando se trató de la excitación frente a un estímulo concreto (*SCR*), fue en la condición olfativa con un proceso de imitación parcial (*VAO\_IP*), donde presentaron una mayor activación, lo que puede relacionarse con un retraso en el registro electrodermal o bien por la introducción de un olor.

Las diferencias marginales entre los grupos ante la respuesta concreta a un estímulo (*SCR*) de carácter visual con imitación total y olfativo de imitación parcial, pudo apuntar a que los comportamientos electrodermales entre ambos grupos tienen una tendencia similar, aunque es el grupo con desarrollo típico el que presenta unos mayores niveles de

excitación, lo que pudo estar condicionado por la muestra poblacional. Mientras que los participantes TEA, ya conocían el *EVI*, la falta de sujetos con desarrollo típico, hizo que se tuviera que reclutar a nuevos participantes para dicho estudio, los cuales no conocían el entorno, lo que pudo condicionar los resultados. Ello podría haber condicionado la obtención de niveles más elevados de excitación del grupo con desarrollo típico.

En las mediciones Ratio en ambos grupos, se dio una mayor activación coincidiendo con una estimulación auditiva y un proceso de imitación total. Las diferencias entre los grupos estudiados únicamente se encontraron en el grado de incremento con respecto a su línea de base (Ratio), cuando se introdujo el canal olfativo y se dio un proceso de imitación parcial, habiendo una mayor variación en los sujetos con desarrollo típico. Estos hallazgos pudieron deberse al carácter repetitivo de las líneas de base, la sobreexcitación producto de la actividad física del contexto y al no conocimiento del *EVI*.

En el caso de los participantes TEA, los niveles menores de la medida Ratio pudieron estar también condicionados por ser sujetos que ya habían participado en el Estudio nº1, lo que pudo provocar en ellos un estado de habituación. Cabe señalar, que el sentido olfativo, produjo una mayor actividad electrodérmica, que en el resto de condiciones. En este sentido, el procesamiento olfativo puede ser un indicador sobre el que se debe de seguir profundizando a la hora de estudiar la afectación TEA.

#### Conclusiones *Objetivo 2:*

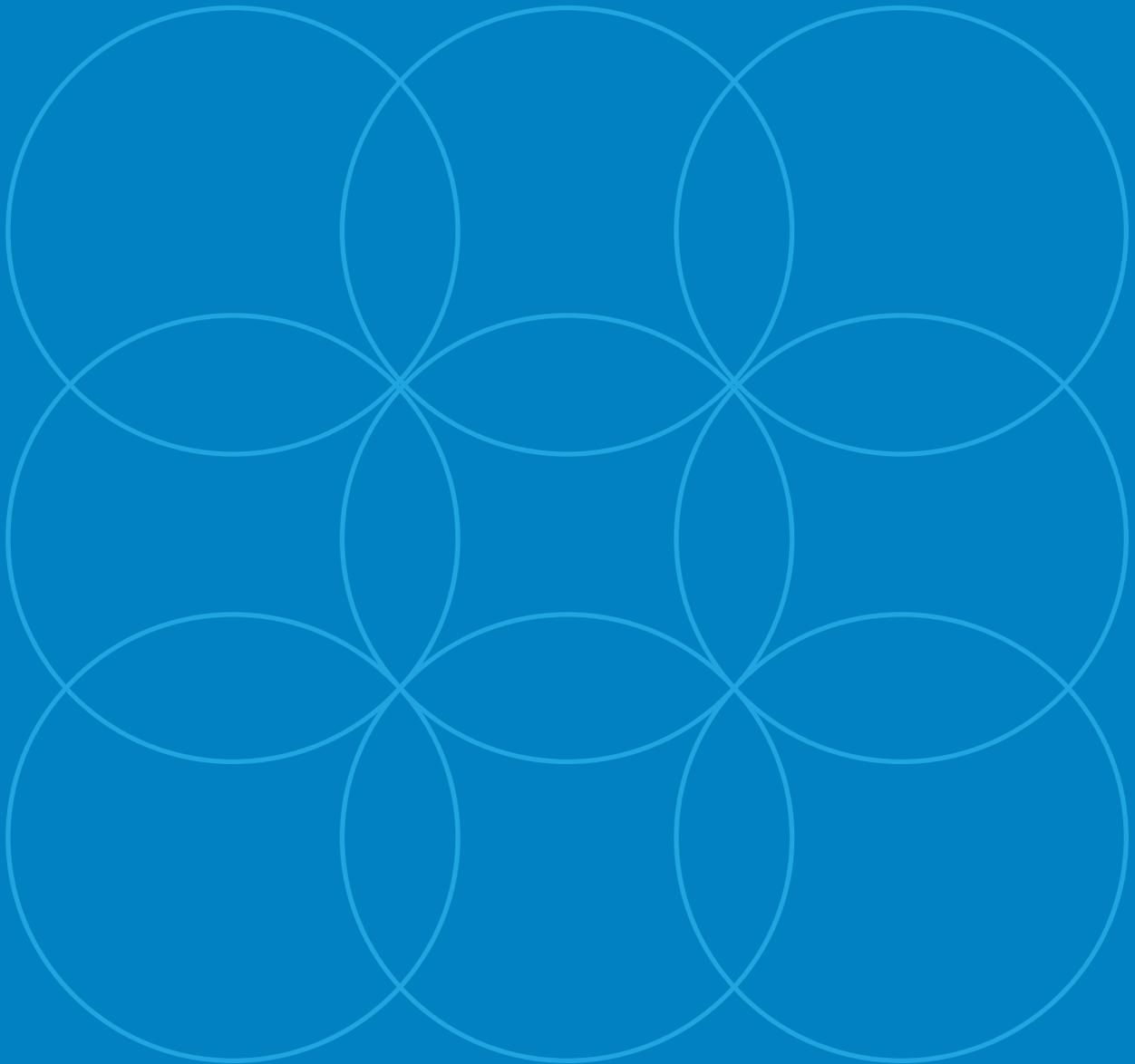
Los resultados no mostraron relaciones lineales de carácter significativo entre las mediciones *EDA* y las baterías para el diagnóstico del TEA, lo que pudo deberse al descenso muestral y a la heterogeneidad en cuanto a las puntuaciones obtenidas en dichos informes.

En definitiva, nuestros hallazgos apuntan a que, ante un proceso de imitación total, la respuesta específica frente a dicho estímulo o SCR, es más elevada en participantes con desarrollo típico, lo que podría mostrar la disfunción imitativa de los sujetos TEA. De mismo modo, la respuesta específica a un estímulo o SCR con estimulación olfativa, es también más elevada en el grupo normotípico, lo que podría relacionarse por la falta de capacidad de detección del olor de los sujetos TEA. Además, de nuevo los sujetos normotípicos mostraron un incremento mayor con respecto a un estado de reposo previo (Ratio), cuando intervino el sentido del olfato. Ello sugeriría que la acumulación de actividad física en los procesos de imitación, puede generar un efecto acumulativo y condicionar los resultados *EDA*. Finalmente, no observamos relaciones significativas entre las condiciones estimulares de las distintas medidas *EDA* y las baterías diagnósticas.

A pesar de dichos hallazgos, futuras investigaciones deberían de contrastar dichos resultados, estableciendo criterios de selección muestral donde ninguno de los grupos de participantes conozca la estructura del *EVI*, seleccionado participantes TEA con criterios de edad menos amplios y homogeneizando los resultados en las puntuaciones diagnósticas, con informes más recientes y experimentaciones con un mayor número de participantes.

# CAPÍTULO 6

ESTUDIO N°3: ACTIVIDAD ELECTRODERMAL Y *EYE TRACKING*  
PARA LA EVALUACIÓN Y ENTRENAMIENTO DEL TRASTORNO DEL  
ESPECTRO AUTISTA EN UN *EVI* DE ELEVADO VALOR ECOLÓGICO.



## 6.1 Introducción

Tal como ha quedado plasmado en los capítulos anteriores, tanto los niveles de excitación ante la presencia de estímulos, como el comportamiento ocular de la población TEA, han sido ampliamente estudiados, encontrando incluso las relaciones entre las mismas y la sintomatología propia de la afección que nos ocupa (Lydon et al., 2014; Papagiannopoulou et al., 2014). Además de poder presentar procesos de inhibición fisiológica que los diferencie de sus pares normotípicos (Pennebaker & Chew, 1985). Pero pocos estudios han hecho uso conjunto de la tecnología y las mediciones fisiológicas. En esta línea de trabajo hallamos las aportaciones como las de Al-Omar et al. (2013), quienes emplearon conjuntamente la tecnología en dos dimensiones, con mediciones electrodermales y de comportamiento ocular en sujetos TEA, observando una mayor variabilidad del diámetro de la pupila y hallando que la excitación pudo anticipar sus estados emocionales. En cambio, Louwerse et al. (2013), unificando las mismas mediciones en un contexto tecnológico, no vieron variaciones con participantes con desarrollo típico en el patrón de excitación, pero sí en el comportamiento ocular, realizando participantes TEA fijaciones más duraderas frente a rostros con mirada directa. Fue el trabajo de Dijkhuis et al. (2019), el que aportó una relación entre la excitación general de los sujetos TEA con un mayor grado de afectación. Todas ellas hicieron uso de soportes en dos dimensiones, lo que restó validez ecológica en cuanto a la respuesta de los participantes (Blascovich et al., 2002; Loomis et al., 1999), además de no abordar si las medidas fisiológicas sufren variaciones tras sesiones de entrenamiento.

La limitación referente a la validez ecológica, puede superarse con el uso de la RV inmersiva (Alcañiz et al., 2019), pero su aplicación se ha limitado al entrenamiento de habilidades social, emocionales, de la vida diaria, atencionales, actividad física o el tratamiento de fobias (Mesa-Gresa et al., 2018), dejando de lado la evaluación de la sintomatología TEA. Si bien es cierto que se ha profundizado en el uso de la RV en la literatura, los estudios deben de cuestionar su eficacia de la misma una vez ya no es novedosa, dado que puede provocar un descenso en su interés por la misma (Beauchamp & Parkinson, 2005).

Es por ello que en el Estudio nº3 se estableció como objetivo general analizar los patrones de excitación y de comportamiento ocular en un *EVI* de elevada validez ecológica, valorando si el comportamiento fisiológico durante una sesión de evaluación tiene capacidad diagnóstica y en el entrenamiento, puede ser indicador de una mejoría en las tareas introducidas en el entorno.

Dicho objetivo general, se desdobló en tres objetivos específicos.

- Objetivo 1 (Ob.1): En un contexto virtual de elevada validez ecológica, estudiar la excitación de la población TEA y normotípica en una sesión de evaluación con tareas basadas en la batería diagnóstica *ADOS-2* y explorar si existen variaciones tras una sesión de entrenamiento.

- Hipótesis 1 (*H1*): Existen relaciones entre el contexto virtual con tareas de imitación e introducción de canales sensoriales y las baterías diagnósticas.

- Hipótesis 2 (*H2*): En un contexto virtual de elevado valor ecológico, el nivel de excitación en estado de reposo en la sesión de entrenamiento, desciende en toda la población estudiada, pero cuando se compara la sesión de evaluación y entrenamiento, los sujetos TEA tienden a estar menos excitados.

- Hipótesis 3 (*H3*): La excitación general de los sujetos tendrá un patrón similar entre el grupo TEA y el compuesto por sujetos con desarrollo típico durante la sesión de evaluación dentro de un *EVI*.

- Hipótesis 4 (*H4*): El entrenamiento provoca en los sujetos con desarrollo típico un aumento de su excitación general, lo que no sucede con los sujetos TEA. Ello deriva en un patrón de excitación entre la evaluación y entrenamiento en el grupo DT que tiende a aumentar cuando ya conocen el contenido estimular.

- Hipótesis 5 (*H5*): Frente a los estímulos concretos presentados en el contexto virtual, las reacciones electrodermales son similares entre los grupos TEA y con desarrollo típico.

- Hipótesis 6 (*H6*): En la sesión de entrenamiento, se produce una mayor excitación ante un estímulo concreto en los sujetos DT que en los TEA, habiendo un patrón dispar entre la sesión de entrenamiento y evaluación en ambos grupos.

- Hipótesis 7 (*H7*): El grado de incremento con respecto al estado de reposo, varía entre el grupo TEA y el DT en la sesión de evaluación.

- Hipótesis 8 (*H8*): En el grado de incremento de la excitación ante un estímulo frente al estado de reposo, los sujetos TEA descenderán producto del entrenamiento, mientras que los pacientes normotípicos, tienden a la estabilización.

- Objetivo 2 (Ob.2): Evaluar si el comportamiento ocular es una medida con capacidad de discriminar sujetos con y sin afección TEA y de ser un indicador de una mejora en las habilidades aprendidas dentro de un *EVI*.

- Hipótesis 9 (*H9*): El comportamiento ocular durante la sesión de evaluación es dispar entre los grupos experimentales.

- Hipótesis 10 (*H10*): Entre la sesión de entrenamiento y evaluación, los grupos experimentales presentan un comportamiento ocular distinto.

- Hipótesis 11 (*H11*): La frecuencia de los movimientos sacádicos descenderá de forma significativa en la sesión de entrenamiento en ambos grupos.

- Objetivo 3 (Ob.3): En un contexto virtual de elevada validez ecológica, analizar si existe relación entre las baterías diagnósticas empleadas para la evaluación de TEA y las medidas electrodermales y de comportamiento ocular.

- Hipótesis 12 (*H12*): Existen relaciones entre las puntuaciones de la batería diagnóstica *ADOS-2* y las puntuaciones obtenidas por los sujetos TEA dentro del contexto virtual.

- Hipótesis 13 (*H13*): Existen relaciones las medidas de excitación y las referentes al comportamiento ocular obtenidas en un contexto de elevado valor ecológico y las baterías diagnósticas empleadas en el TEA.

## 6.2 Método

Para el Estudio n°3 se aplicó un diseño experimental mixto, el cual contó con dos grupos experimentales (grupo TEA y DT). Contó con 2 factores intrasujetos (véase figura 6.1), que compararon la sesión de evaluación y la de entrenamiento en cada grupo y dos factores intersujetos (véase figura 6.2), que estudiaron el comportamiento de la sesión de evaluación y de entrenamiento entre los grupos. Se incluyeron en cada una de las sesiones 4 niveles de estimulación referentes al *EDA* (Líneas de Base, Skin Conductance Level, Skin Conductance Response y Ratios) y 6 niveles referentes al comportamiento ocular (Promedio Fijaciones, Promedio Sacadas, Tiempo Promedio Fijaciones, Tiempo Promedio Sacadas, Frecuencia Fijación y Frecuencia Sacadas).

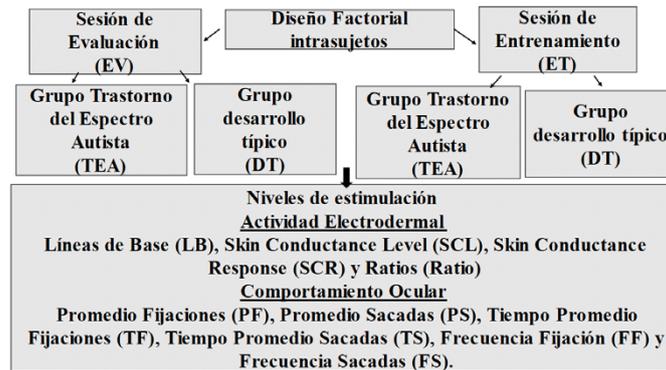


Figura 6.1: Diseño experimental intrasujetos.

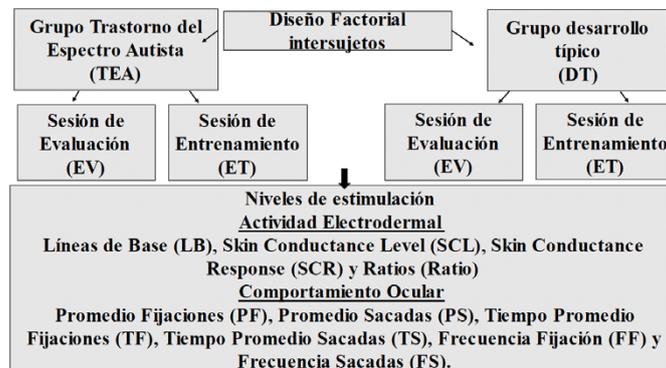


Figura 6.1: Diseño experimental intrasujetos.

Además, se empleó un diseño experimental de carácter transeccional correlacional/causal, el cual implicó las variables *EDA* (Líneas de Base, Skin Conductance Level, Skin Conductance Response y Ratios) y las obtenidas mediante el *eye tracking* (Promedio Fijaciones, Promedio Sacadas, Tiempo Promedio Fijaciones, Tiempo Promedio Sacadas, Frecuencia Fijación y Frecuencia Sacadas), durante la sesión de evaluación y las puntuaciones de las baterías diagnósticas del TEA.

### 6.2.1 Participantes

El Estudio n°3 contó con dos sesiones, una de evaluación (EV) y otras de entrenamiento (ET), habiendo una diferencia de mínimo 7 días entre ambas. Tal como muestra la Tabla 6.1, la sesión EV contó con un total de 55 participantes con mediciones de actividad electrodermal. De ellos, 27 tenían un diagnóstico en TEA (grupo TEA) y 28 fueron sujetos con desarrollo típico (grupo DT).

**Tabla 6.1:** Información muestral EDA Estudio n°3 sesión evaluación.

<i>Muestra</i>	<i>Grupo Trastorno del Espectro Autista (Grupo TEA)</i>	<i>Grupo con Desarrollo Típico (Grupo DT)</i>
N=	27	28
Media de edad	5.70	5.84
Desviación estándar	1.64	1.12
Sexo masculino	24	18
Sexo femenino	3	10

En la sesión ET, tras analizar la señal electrodermal, hubo que descartar a 15 sujetos del grupo TEA y 15 del grupo DT los cuales sí que habían participado en la sesión EV (véase Tabla 6.2).

**Tabla 6.2:** Información muestral EDA Estudio n°3 sesión entrenamiento.

<i>Muestra</i>	<i>Grupo Trastorno del Espectro Autista (Grupo TEA)</i>	<i>Grupo con Desarrollo Típico (Grupo DT)</i>
N=	15	15
Media de edad	5.60	5.70
Desviación estándar	1.56	1.41
Sexo masculino	13	9
Sexo femenino	2	6

Respecto a las mediciones de seguimiento ocular o *eye tracking*, la muestra contó en la sesión de evaluación (EV) con 48 participantes, de los cuales 24 pertenecían al grupo TEA y 24 al grupo DT. Dicho descenso muestral se produjo por intolerancia al dispositivo o por error en el registro del mismo (véase tabla 6.3).

**Tabla 6.3:** Información muestral *eye tracking* Estudio n°3 en sesión evaluación.

<i>Muestra</i>	<i>Grupo Trastorno del Espectro Autista (Grupo TEA)</i>	<i>Grupo con Desarrollo Típico (Grupo DT)</i>
N=	24	24
Media de edad	5.9	5.6
Desviación estándar	1.10	1.73
Sexo masculino	21	14
Sexo femenino	3	10

Las mediciones *eye tracking* durante la sesión ET, sufrieron un descenso en el número de participantes a 24. Ellos se debieron a errores de calibración o de registro (véase tabla 6.4).

**Tabla 6.4:** Información muestral *eye tracking* Estudio nº3 en sesión entrenamiento.

<i>Muestra</i>	<i>Grupo Trastorno del Espectro Autista (Grupo TEA)</i>	<i>Grupo con Desarrollo Típico (Grupo DT)</i>
N=	12	12
Media de edad	5.12	5.43
Desviación estándar	1.53	1.65
Sexo masculino	10	8
Sexo femenino	2	4

El descenso muestral se debió en general a los criterios de accesibilidad de la muestra y calidad de la señal *EDA* y *eye tracking*, que contaba con artefactos o ruido que no hicieron posible su inclusión en la experimentación.

Para poder ser incluidos en la investigación, los participantes debían de estar en un rango de edad entre los 3 y los 7 años y no contar con ningún tipo de discapacidad de carácter visual, incluido el uso de lentes de contacto, ya que podían repercutir en la calidad de los datos obtenidos por el dispositivo de seguimiento ocular o *eye tracking*. En el caso del grupo TEA, era necesario que tuviesen un informe oficial diagnóstico, que incluyese, al menos, las puntuaciones obtenidas en la batería diagnóstica *ADOS-2* y *ADI-R*, además de tener desarrollo del lenguaje, ya fuera con palabras sueltas o frases. Dichos informes, debían de haber sido realizado por los servicios de neuropediatría de su hospital de referencia o bien por un profesional de una clínica especializada. Además, dentro del espectro del TEA, debían de ser sujetos que contasen con lenguaje, ya fuese mediante palabras sueltas o frases, dado que ello podría facilitar la colocación, fundamentalmente de las gafas de seguimiento ocular.

El grupo DT, además de los criterios generales descritos, no debían de contar con antecedentes familiares de 1º y 2º grado que padeciesen trastornos vinculados al neurodesarrollo.

Todos los participantes debían de ser capaces de tolerar el uso tanto del dispositivo en forma de pulsera, encargado de la medición de la actividad electrodermal, como del dispositivo de seguimiento ocular, en forma de gafas. Además, debían de ser capaces de colocarse una riñonera, encargada de sostener la batería de las gafas de *eye tracking* (véase tabla 6.3).

La procedencia muestral provino de algunas clínicas especializadas en trastornos del neurodesarrollo, situadas en la ciudad de Valencia (España). No obstante, se realizó una difusión masiva mediante el envío por correo electrónico y redes sociales, de un tríptico informativo a centros especializados, hospitales y escuelas de la Comunidad Valenciana (España). En el documento se informó de los objetivos de la investigación, así como de las herramientas de medición a utilizar. A pesar de que totalidad de la investigación contó con tres sesiones e incluyó el registro de movimiento de los participantes, para la presente investigación solo se utilizaron las mediciones obtenidas en la primera de ellas (véase Anexo C).



Figura 6.3: Participante con dispositivo de medición EDA, gafas de eye tracking y riñonera con batería del dispositivo de seguimiento ocular.

La evaluación psicológica en TEA, se obtuvo de las baterías diagnósticas *ADOS-2 (Autism Diagnostic Observation Schedule)* (Lord et al., 2015). Cabe señalar que, dada los criterios de accesibilidad de la muestra, el grupo TEA se redujo a 24 participantes, los cuales formaron un grupo heterogéneo (véase tabla 6.5).

**Tabla 6.5:** Promedio puntuaciones, máximos, mínimos, Desviación estándar y número de participantes diagnosticados con *ADOS-2* Estudio n°3.

<i>Puntuaciones ADOS-2</i>				
Área	M	DE	Máximo	Mínimo
Total, afectación social	9.54	3.90	17	5
Comportamiento restringido y repetitivo	2.70	1.09	5	1
Puntuación global	12.29	4.43	20	7
N				24

También se estudiaron las puntuaciones aportadas por los sujetos en la escala *ADI-R (Entrevista para el Diagnóstico del Autismo)* (Rutter & Le Couteur, 2006) (véase tabla 6.6). Ambas escalas han sido expuestas con amplitud en el apartado 4.2.1 Participantes del Estudio n°1, donde se incide en que se trata de un grupo heterogéneo por el difícil acceso a los participantes.

**Tabla 6.6:** Promedio puntuaciones, Desviación estándar y número de participantes diagnosticados con *ADI-R* Estudio n°3.

<i>Puntuaciones ADI-R</i>				
Área	M	DE	Máximo	Mínimo
Interacción social	9.95	5.49	25	3
Comunicación social	8.42	3.32	15	1
Patrones de conducta restringidos, repetitivos y estereotipados	2.66	1.68	7	1
Anormalidades en el desarrollo antes de los 36 meses	4.14	0.91	5	2
N				21

Además de utilizar la escala *ADOS-2* y *ADI-R*, se desarrolló un cuestionario ad-hoc, denominado *Evaluación Virtual del Trastorno del Espectro Autista (EVI-TEA)*, el cual tomó como base los criterios de aplicación del *ADOS-2*, pero trasladados un contexto virtual. Para ello se desarrollaron tres módulos de aplicación basados en los criterios de edad y desarrollo del lenguaje, también utilizados en dicha batería diagnóstica estandarizada. No se aplicaron el Módulo T y el 4 dadas las características de la muestra en cuanto a edad y desarrollo del lenguaje (véase tabla 6.7).

**Tabla 6.7:** Módulos y criterios de aplicación *ADOS-2* (Lord et al., 2015).

<i>Módulo</i>	<i>Criterios de Aplicación</i>
Módulo T	Edades comprendidas entre 12 y 30 meses
Módulo 1	Edades entre 31 meses o más sin desarrollo del lenguaje (palabras sueltas).
Módulo 2	Edades entre 31 meses o más sin desarrollo del lenguaje (uso de frases).
Módulo 3	Edades entre 31 meses a 16 años con lenguaje fluido
Módulo 4	Mayores de 16 años con lenguaje fluido

En el caso del Estudio nº3, los Módulos desarrollados fueron el 1, 2 y 3, debido a las edades de los sujetos y a la necesidad de que hubiese lenguaje, ya fuese con palabras sueltas, uso de frases o con un lenguaje fluido (véanse Anexo , Anexo y Anexo O). En ellos se valoraron tres áreas: afectación social, comportamientos repetitivos y estereotipados y la puntuación global obtenida tras la experiencia virtual (véase tabla 6.8).

**Tabla 6.8:** Promedio puntuaciones, Desviación estándar y número de participantes valorados con *EVI-TEA*.

<i>EVI-TEA</i>	<i>M</i>	<i>DE</i>	<i>Máximo</i>	<i>Máximo</i>
Afectación social	8.40	1.92	14	6
Comportamiento restringido y repetitivo	1.75	1.18	6	1
Puntuación global	10.32	2.44	17	7
N				25

El cuestionario *EVI-TEA* se aplicó a lo largo de las 13 situaciones virtuales. En ellas, se evaluó la capacidad de los sujetos de anticipar de la rutina con objetos, dar respuesta a su nombre, el uso que hace del contacto visual, la vocalización y las expresiones faciales (juego de burbujas), las muestras de señalado, la capacidad de imitación, la respuesta a la sonrisa social, la anticipación de una rutina social, la respuesta la atención conjunta y la capacidad de hacer peticiones y de seguir un guion (véase tabla 6.9).

**Tabla 6.9:** Estancias virtuales, conductas a evaluar mediante EVI-TEA y correspondencia con la batería diagnóstica ADOS-2.

<i>Estancia EVI-TEA</i>	<i>Conductas a evaluar</i>	<i>Correspondencia con ADOS-2</i>
Pasillo Central	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Respuesta verbal, visual o corporal ante las propuestas del avatar               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Respuesta al saludo</li> <li>- Respuesta al nombre</li> <li>- Emociones</li> </ul> </li> <li>- Muestras de comunicación               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Observación del EVI (total, parcial o barrido)</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Juego libre</li> <li>- Descripción de una imagen</li> <li>- Respuesta al nombre</li> </ul>
Tren	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Anticipación</li> <li>- Expresión emocional</li> <li>- Atención conjunta</li> <li>- Disfrute compartido               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Peticiones</li> </ul> </li> <li>- Respuestas motoras</li> <li>- Muestras de comunicación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Anticipación de una rutina con objetos</li> </ul>
Tiovivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Procesos de iniciación de atención conjunta</li> <li>- Disfrute compartido               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Peticiones</li> </ul> </li> <li>- Respuestas motoras</li> <li>- Capacidad de mostrar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Juego con burbujas</li> </ul>
Basura	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Muestras de señalado</li> <li>- Iniciación a la atención conjunta</li> <li>- Muestras de desagrado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Señalado</li> </ul>
Puerta Librería Puerta Supermercado Puerta Sala Juegos Puerta del Cine	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Respuesta gestual verbal o ambas, a la invitación del avatar a entrar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Imitación funcional y simbólica</li> </ul>
Dependiente	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Respuesta a la sonrisa social</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Respuesta a la sonrisa social</li> </ul>
Expositores	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Anticipación de una rutina social</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Anticipación de una rutina social</li> </ul>
Línea de Cajas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Capacidad de hacer peticiones y de seguir un guion.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Merienda</li> </ul>
Marquesina	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Iniciación atención conjunta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Iniciación atención conjunta</li> </ul>
Parque Infantil	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Respuesta a la atención conjunta               <ul style="list-style-type: none"> <li>-Vocalizaciones</li> <li>-Peticiones</li> <li>-Disfrute compartido</li> </ul> </li> <li>-Iniciación de atención conjunta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Respuesta a la atención conjunta</li> </ul>
Sala de cine	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Interés y la habilidad del sujeto para integrarse en el “guion”</li> <li>- Capacidad de construir una conversación</li> <li>- Referencias al sentido olfativo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Merienda</li> </ul>

### 6.2.2 Técnicas de recogida de la información.

Las mediciones, información psicofisiológica y dispositivo referente a la actividad electrodermal de los participantes, fueron las mismas que las especificadas en el Capítulo 4, concretamente en el epígrafe sobre 3.6 Técnicas de recogida de la información .4.2.2 *Técnicas de recogida de la información.*

### 6.2.3 Estructura del Sistema del *EVI*.

Respecto a la estructura hardware y software que conformó el *EVI*, fue la misma que en los Estudios n°1 y n°2 especificada en detalle en el Capítulo 3, epígrafe 3.7 *Estructura del Sistema del EVI*.

Previamente al inicio del contenido virtual apareció en la pantalla una cuenta atrás de 10 segundos que sirvió a los investigadores para sincronizar las señales psicofisiológicas con el contenido estimular virtual presentado a los sujetos. A continuación, se dio inicio a las 13 estancias del CC y 5 Líneas de Base de relajación que visualizarían los participantes durante 24.63 minutos (véase tabla 6.10).

**Tabla 6.10:** Resumen cronología Estudio n°3.

<i>Estímulo</i>	<i>Codificación</i>	<i>Duración (segundos)</i>
Inicio Contador		10
Línea De Base 1	LB1	40
Pasillo Central con Avatar	PA	180
Tren	T	180
Tiovivo	TV	93
Basura	B	41
Línea De Base 2	LB2	50
Puerta Librería	FC	44
Dependiente Librería	D	32
Expositores Librería	EX	30
Línea De Base 3	LB3	50
Puerta Supermercado	PM	13
Cajas Supermercado	C	19
Marquesina Pasillo Central	M	24
Línea De Base 4	LBA	50
Sala de Juegos	SJ	80
Línea De Base 5	LB5	50
Puerta Cine	PC	38
Sala de Cine	SC	444
Fin Contador		10
		1478 segundos
Total		24.633 minutos

Tras la cuenta atrás de sincronización tuvo lugar la primera Línea de Base de relajación (LB1), cuyo contenido visual y auditivo fue el mismo que en el Estudio n°1 y n°2. Se trató de un bosque al atardecer acompañado de música relajante (40 segundos).

La primera estancia, fue el pasillo central (PA), donde podían visualizarse diferentes comercios, así como avatares virtuales que paseaban por el mismo, ya fuese en grupo o en solitario (180 segundos). Por la derecha del *EVI*, apareció un avatar niño (Pepe), el cual saludó, se presentó e instó a los sujetos a que lo acompañara a conocer el Centro Comercial. Una vez Pepe se marchó, el pasillo contó con sonido de música ambiente, se encendieron las luces de los comercios y aparecieron personajes virtuales que paseaban por el mismo (véase figura 6.4).



Figura 6.4: Pasillo central con avatar virtual en el momento en que se presenta a los sujetos.

La segunda de las estancias se desarrolló en el mismo pasillo central, pero sin personajes virtuales y donde apareció un tren (T) por el lado derecho, para desaparecer por el izquierdo (180 segundos). Dicho tren, cuya aparición se repitió en cuatro ocasiones, contaba con luces llamativas y personajes virtuales que estaban montados dentro del mismo. En su primera aparición, lo hace conjuntamente con la figura de Pepe, el cual le trasmite al sujeto sensación de asustarse ante la salida del tren. Las tres ocasiones restantes, éste salió en solitario. En esta estancia no hubo presencia acústica en forma de ruido ambiente, ni música, ni personajes virtuales paseando. Las luces de los comercios no permanecieron encendidas (véase figura 6.5).

La tercera de las estancias del CC, continuó desarrollándose en el pasillo central, pero con la aparición de un tiovivo (TV). Delante de él se colocó un pompero real (93 segundos). El avatar niño apareció por el lado izquierdo del *EVI* y se detuvo delante del tiovivo, para preguntar al sujeto si lo ha visto, si ha observado sus luces y a los niños que están montados en él. Mientras se produce dicha intervención el tiovivo permaneció parado. Cuando Pepe finalizó y se marchó por el lado izquierdo del *EVI*, el tiovivo se puso en marcha al tiempo que unas pompas de jabón salían por la parte superior del mismo. Dicha acción se repitió en dos ocasiones. No hubo presencia de ruido ambiente, música, ni presencia de personajes virtuales paseando por la estancia (véase figura 6.6).



Figura 6.5: Aparición del tren en el *EVI*.



Figura 6.6: Momento en el que el tiovivo se pone en marcha y lanza pompas de jabón.

La cuarta situación virtual continuó desarrollándose en el pasillo central, pero en primer plano apareció una papelera (B). En primer lugar, la papelera aparece vacía, a continuación, llena, posteriormente llena acompañada de las referencias del avatar a las misma, para, tras la marcha del avatar, vaciarse de nuevo. Pepe hizo referencia a porque las personas tiran papeles al suelo y a lo mal que olía el contenido. En dicha estancia las imágenes se acompañaron de ruido y música ambiente (41 segundos) (véase figura 6.7).



Figura 6.7: Estancia pasillo central con basura llena y avatar.

Una vez finalizada la cuarta estancia, se produjo la segunda Línea de Base (LB2) de relajación, con el mismo contenido visual y auditivo que la primera (50 segundos).

Tras la segunda Línea de Base, dio comienzo la quinta estancia que se situó en la puerta de una librería (PC). Por la izquierda del *EVI* apareció el avatar niño quien invitó al sujeto a entrar con él para ver algún videojuego. En ella no hubo nivel de ruido ni de música ambiental (44 segundos) (véase figura 6.8).



Figura 6.8: Puerta de la librería (Fcan) CC.

La sexta estancia se desarrolló dentro de la librería donde un dependiente (D) sonrió al participante, para posteriormente cambiar su gesto a una mayor seriedad. Posteriormente volvió a sonreír y a ponerse serio. Cuando ello terminó, le realizó un gesto al sujeto con el brazo invitándolo a acompañarle y se marchó por el lado derecho del *EVI*. No hubo presencia ni de ruido ni de música ambiental (32 segundos).

La séptima estancia (EX), también dentro de la librería, se desarrolló entre expositores de libros. De entre ellos, un avatar chico sacó asomó la cabeza en cuatro ocasiones, acompañando dicho movimiento de un “cucú”. La música o el ruido ambiente no estuvieron presentes (30 segundos).

Tras la estancia de los expositores comenzó la tercera Línea de Base de relajación (LB3) (50 segundos) (véase figura 6.9).



Figura 6.9: Línea de Base de relajación.

A continuación, apareció en el *EVI* la puerta del supermercado (PM). En ella no hubo música o ruido ambiente, solamente la voz del avatar que invitó al participante a entrar para comprar unas golosinas. No hubo mayor contenido estimular en forma de música o ruido ambiente (13 segundos).

La novena estancia se desarrolló dentro del supermercado, concretamente en la línea de cajas del mismo (C). Al lado de éstas un avatar niño le preguntó al sujeto que quería. Extendió los brazos mostrando en una mano una manzana y en el otro una piruleta. A pesar de que no contó con música ni sonido ambiente, sí que aparecieron personajes virtuales que estaban comprando en el supermercado o haciendo cola en la línea de cajas (19 segundos).

Posteriormente, se regresó al pasillo central del CC, pero en primer plano se situaba una marquesina publicitaria (M) cuyo contenido, en primera instancia fue fijo. El avatar salió por el lado derecho del *EVI* y señaló la marquesina, que en ese momento ya contaba con los carteles publicitarios en movimiento. Hubo presencia de música y ruido ambiental, así como de personajes virtuales que paseaban por detrás de la marquesina publicitaria (24 segundos) (véase figura 6.10).

Seguidamente dio comienzo la cuarta Línea de Base (LB4) de relajación, a la que le siguió una estancia que reproducía una la entrada a una sala de juegos. El avatar apareció por el lado derecho del *EVI* y cuando se detuvo en la puerta, invitó al participante a entrar (50 segundos).



Figura 6.10: Marquesina publicitaria en posición estática.

La undécima sala fue un parque infantil (SJ), donde había una piscina de bolas con niñas jugando en el centro del *EVI*, una casita a la derecha y un tobogán a la izquierda (80 segundos). En el centro apareció la figura de un avatar niño que miró al participante y le dijo “mira”. Dirigió su mirada hacia al tobogán y volvió la vista al frente. A continuación, realizó las mismas acciones, pero señalando hacia el tobogán. Finalmente, la llamada al participante y el señalado se acompañó con una pelota con sonido que cayó del tobogán. Al finalizar, dio comienzo la última Línea de Base de relajación (LB5) (50 segundos) (véase figura 6.11).

Las dos últimas estancias situaron a los participantes tanto en la puerta de un cine (PC) como en su interior (SC). En la puerta del cine (38 segundos), el avatar lo invitó a entrar en un contexto con música y ruido ambiental y personajes entrando y saliendo del cine. Una vez en el interior de la misma, los laterales del *EVI* aparecieron personajes sentados esperando la proyección. Posteriormente se inició los 7.4 primeros segundos de la película “Del Revés”, fragmento que coincidió con la presentación de todas las emociones (alegría, tristeza, miedo, asco e ira), a la vez que se lanzó en tres ocasiones olor a palomitas (444 segundos) (véase figura 6.12).



Figura 6.11: Parque infantil.



Figura 6.12: Interior sala de cine con la proyección de la película *Del Revés*.

#### 6.2.4 Procedimiento

La necesidad muestral, hizo que previamente a al Estudio nº3, se realizara una difusión vía correo electrónico y redes sociales sobre los objetivos de la misma y de las herramientas a utilizar (véase Anexo C). En ella se proporcionó un teléfono de información para solicitar la participación. En dicha primera toma de contacto, se informó de que los sujetos TEA debían de aportar las puntuaciones de las baterías diagnósticas *ADOS-2* y *ADI-R*, además de solicitar información sobre la edad y el grado de desarrollo del lenguaje.

Una vez acudieron a la experiencia, los investigadores proporcionaron a las familias el documento específico que consentía la participación, siendo el mismo que el que se detalla en el apartado 4.2.5 Procedimiento del Capítulo 4 (véase Anexo B), a excepción de la tarea anticipatoria. A diferencia del Estudio nº1 y nº2, en este no se llevaron a cabo tareas anticipatorias, dado que la mayoría de los participantes TEA habían participado en las investigaciones anteriores.

Una vez entregado el consentimiento informado y los informes diagnósticos, el investigador revisó las puntuaciones de los mismos. Posteriormente, tuvo la primera toma de contacto con el participante, cerciorándose de su grado de lenguaje, con el fin de aplicar el Módulo 1, 2 o 3 del cuestionario realizado ad-hoc *EVI-TEA*.

Posteriormente se mostró la pulsera *Empática EA* y las gafas de *eye tracking*, para que el sujeto se familiarizase ambos dispositivos. Una vez se sintió cómodo y se secó la muñeca del sujeto, se procedió a la colocación de la pulsera en la mano no dominante y en contacto con la piel (véase figura 6.13).

A continuación, y en una habitación contigua al *EVI*, se colocaron las gafas al participante y la unidad externa dentro de una riñonera. A continuación, se procedió a abrir el software *Tobii Pro Lab*, con el cual se registró a los participantes con su codificación específica y procediendo a la calibración del dispositivo de *eye tracking*. Dicho procedimiento se realizó mediante el uso de un cartón pluma, teniendo que fijar unos segundos la mirada en el punto negro del centro del mismo y estando colocados a una distancia de entre 0.8 y 1.2 metros (véase figura 6.13).

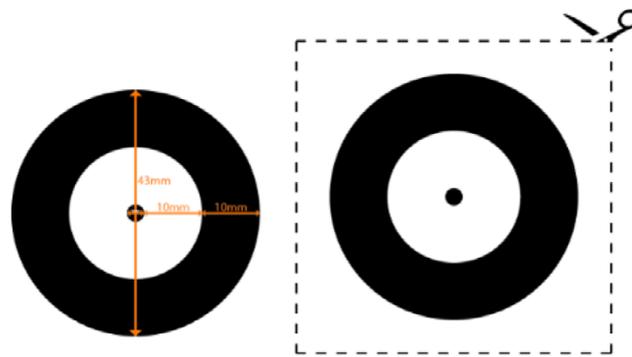


Figura 6.13: Cartón pluma para la calibración de Tobii Pro Glasses 2.

Una vez colocados ambos dispositivos de medición, se inició el contenido virtual dentro del EVI. Tras la cuenta atrás de 10 segundos, el investigador realizó una marca o tag en el dispositivo *Empatica E4*, a la par que dio la orden al investigador de la sala contigua de que debía de iniciar la grabación del seguimiento ocular. Dicho procedimiento se repitió de nuevo al final de la experiencia.

Una vez comenzado el contenido del entorno, dependiendo de la estancia en la que se encontrase el sujeto, recibió indicaciones por parte del investigador o del avatar virtual. En el caso del pasillo central (PA), además de las invitaciones del avatar, el investigador realizó preguntas tales como: ¿tienes amigos?; ¿me puedes contar algo sobre ellos?; ¿qué os gusta hacer juntos?; ¿cómo llegaste a conocerlos?; ¿qué significa para ti ser amigo?; ¿cómo sabes que alguien es tu amigo? y ¿cuál es la diferencia entre un amigo y alguien que solo ves en la escuela? Se utilizaron estas cuestiones únicamente en los Módulos 2 y 3 (véase Anexo M y Anexo N), mientras que en el Módulo 1 se esperó a que el participante mostrase por sí mismo alguna comunicación verbal (véase Anexo L).

Cuando los sujetos estuvieron visualizando escenas como la de tren (T), tiovivo (TV), basura (B), puerta de la librería (FC), expositores (EX), puerta del supermercado (PM), línea de cajas (C), puerta sala de juegos y parque infantil (SJ) y puerta del cine (PC), no hubo participación verbal de los investigadores, únicamente se observaron las acciones del niño descritas en el apartado Procedimiento, inducidas por los comentarios del avatar virtual (véase tabla 6.11).

Tabla 6.11: Discurso del avatar por estancia

<i>Estancia</i>	<i>Discurso del avatar</i>
Pasillo central	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ¡Hola! Yo soy Pepe. ¿Tu cómo te llamas?</li> <li>- He venido a este centro comercial con mis papas porque quiero comprar algunas cosas y jugar con unos amigos.</li> <li>- ¿Me acompañas a dar un paseo por el Centro Comercial?</li> </ul>
Tren	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ay, ¡que susto me ha dado el tren!</li> </ul>
Tiovivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ¡Ostras! ¿Has visto ese tiovivo?</li> <li>- Cuantas luces tiene...y eso niños se lo están pasando genial.</li> <li>¿Por qué no vienes? Vamos a subir.</li> </ul>

<i>Estancia</i>	<i>Discurso del avatar</i>
Basura	- ¿Porque las personas tiran papeles al suelo? - ¡Jo! ¡No me gusta que hagan eso!!! - ¿Que mal huele! ¿No te parece?
Puerta librería	-En esta tienda tienen un montón de juegos de ordenador que me encantan. - ¿Me acompañas a ver si veo alguno? - ¡Si! ¡Genial!
Puerta supermercado	- ¿Me acompañas a ver si en este supermercado tienen mis chuches favoritas?
Línea de cajas	- ¿Qué quieres?
Marquesina publicitaria	- ¡Ostras! Mira estos anuncios. ¡Si cambian solos! ¿Qué te parece? - Vamos, acompáñame. ¡Que todavía nos quedan cosas muy chulas por ver!
Puerta sala de juegos	- ¡Guau! ¡Me apetece muchísimo entrar a jugar! - ¡Venga, Vamos!!!
Puerta del cine	- Esta semana hacen en este cine mi película favorita. ¿Vienes a verla? - Perfecto vamos a ver la peli. Me han dicho que salen unos personajes súper divertidos.

Otras tres estancias donde el investigador participó verbalmente fueron el dependiente de la librería (D) y el exterior (PC) y el interior del cine (SC).

En la primera, cuando el dependiente se estaba marchando, se le dijo al sujeto que debía de intentar pillarlo. En la segunda ¿Has ido alguna vez al cine?; ¿Qué peli has visto?; Yo la que he visto es *Gru mi villano favorito*. ¿Te gustaría ver un trocito de la peli Del revés con nosotras? En la tercera (IC) para el Módulo 2 y 3, se realizaron preguntas como: ¿Has visto la película *Del revés*?; ¿Qué personaje es el que más te gusta?; ¿Por qué?; ¿Te gusta ir al cine normalmente?; ¿Con quién sueles ir?; ¿Qué tipo de películas te gusta ver? Al finalizar la película se le pidió si podía hacer un resumen de lo que había visto. Para el módulo 1 las preguntas fueron únicamente: ¿Has visto la película *Del revés*? ¿Qué personaje es el que más te gusta? ¿Por qué?

La descarga, pre procesado y el análisis de la señal de la actividad electrodermal, siguió el mismo 4.2.5 Procedimiento que el especificado en el Capítulo 4.

En cuanto al dispositivo *Tobii Pro Glasses 2*, una vez finalizada la experiencia se extrajo la tarjeta SD del dispositivo externo y se conectó a un PC, importando la información al software *Tobii Analyzer*, desde el cual se pudieron exportar ficheros Excel que contenían la información de los participantes en cuanto a fijaciones y movimientos sacádicos (véase figura 6.14). A partir de dichos archivos se pudo realizar el cálculo del promedio de fijaciones y de movimientos sacádicos, el tiempo promedio de duración de ambos y la frecuencia.

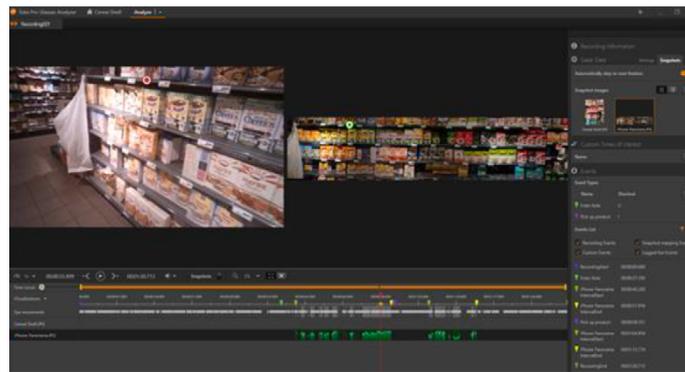


Figura 6.14: Interfaz software Tobii Analyzer.

### 6.3 Análisis de Datos

Para conocer la distribución de los datos del Estudio nº3, se aplicó la prueba de *Kolmogorov-Smirnov* para una muestra, habiendo una distribución no normal de las variables ( $p < .05$ ). Tras ello, se aplicó estadística inferencial no paramétrica. Concretamente, aplicando la prueba *Wilcoxon Test*, para estudiar el comportamiento dentro de cada grupo y *U de Mann-Whitney*, para analizar las diferencias entre los grupos, con el objetivo de analizar las medidas proporcionadas por el *EDA* y *eye tracking* en las variables estimulares obtenidas en las tareas llevadas a cabo en el CC.

Para el estudio de las relaciones entre las medidas *EDA* y *eye tracking* y las baterías diagnósticas se utilizó un análisis correlacional no paramétrico de *Spearman*, así como gráficas de dispersión, con el fin de conocer el valor del coeficiente de determinación ( $R^2 > 1$ ). Se estableció para la estadística inferencial un nivel de significación de ( $p < .05$ ), representando dicho valor la probabilidad de error que se asume (Bisquerra Alzina & Vilá Baños, 2014).

### 6.4 Resultados Estudio nº3

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en el Estudio nº3 a partir de los objetivos que inicialmente se han planteado. En ellos, emplearemos valores descriptivos que contienen los valores de la mediana y desviación estándar de las variables, así como gráficas y diagramas de dispersión en cada grupo de población estudiada.

*Objetivo 1: En un contexto virtual de elevada validez ecológica, estudiar la excitación de la población TEA y normotípica en una sesión de evaluación con tareas basadas en la batería diagnóstica ADOS-2 y explorar si existen variaciones tras una sesión de entrenamiento.*

Para dar respuesta al objetivo descrito, estudiamos la respuesta electrodermal de sujetos TEA y DT en estado de relajación o reposo (LB), su nivel de excitación general (SCL), la activación frente a un estímulo concreto (SCR) y el grado de incremento de excitación con respecto a un estado de reposo (Ratio), obtenidos durante una sesión de evaluación (EV) y de entrenamiento (ET).

- (H1): *En un contexto virtual de elevado valor ecológico, los patrones de excitación en estado de reposo tienen un comportamiento distinto entre sujetos TEA y con desarrollo típico en la sesión de evaluación.*

Para el contraste de la *H1* se incluyeron ambos grupos experimentales (TEA y DT), introduciendo en el análisis las variables LB1, LB2, LB3, LB4 y LB5 obtenidas en la sesión EV.

La prueba de *Mann-Whitney* mostró que únicamente se dieron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos experimentales, durante la sesión EV, en la condición experimental LB1 ( $z = -3.301, p < .05$ ), siendo más elevada en el grupo TEA (Mdn=.080) que en el grupo DT (Mdn= .016) (véase tabla 6.12). El resultado indica que los participantes TEA mostraron mayor excitación en estado de reposo al inicio de la experiencia que sus pares del grupo DT (véase figura 6.15).

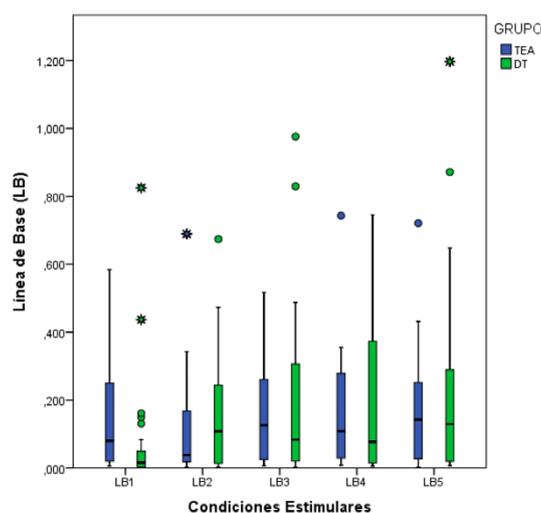


Figura 6.15: Activación LB grupo TEA y grupo DT a lo largo de las condiciones estímulares sesión de evaluación.

**Tabla 6.12:** Mediana y Desviación estándar grupo TEA y DT en las condiciones experimentales de LB sesión de evaluación.

Condiciones estímulares sesión evaluación	Mediana Grupo Trastorno Espectro Autista	Desviación estándar Grupo Trastorno Espectro Autista	Mediana Grupo con Desarrollo Típico	Desviación estándar Grupo con Desarrollo Típico
LB1	.080	.163	.016	.172
LB2	.038	.155	.108	.176
LB3	.126	.165	.083	.250
LB4	.108	.169	.077	.227
LB5	.143	.177	.129	.288

- (*H2*): En un contexto virtual de elevado valor ecológico, el nivel de excitación en estado de reposo en la sesión de entrenamiento, desciende en toda la población estudiada, pero cuando se compara la sesión de evaluación y entrenamiento, los sujetos TEA tienden a estar menos excitados.

Con el objetivo de contrastar dicha hipótesis, se incluyeron ambos grupos experimentales (TEA y DT), introduciendo en el análisis las variables LB1, LB2, LB3, LB4 y LB5 referentes a la sesión ET.

La prueba de *Mann-Whitney* halló diferencias estadísticamente significativas, durante la sesión ET en la condición LB1 ( $z = -2.053, p < .05$ ) y marginalmente significativas en la condición LB2 ( $z = -1.804, p = .07$ ). En ambas el grupo DT (LB1,  $Mdn = .092$  y LB2,  $Mdn = .279$ ) mostró niveles *EDA* más elevados que el grupo TEA (LB1,  $Mdn = .016$  y LB2,  $Mdn = .024$ ) (véase tabla 6.13). El resultado en la sesión de entrenamiento apunta, tal como muestra la figura 6.16, que los sujetos normotípicos tienden a tener mayor activación al inicio, pero que, durante la sesión de entrenamiento, tiende a extender dicha excitación en el segundo estado de reposo.

El test de *Wilcoxon* halló que se dieron diferencias estadísticamente significativas entre la sesión EV y ET en el grupo TEA en la condición LB1 ( $z = -2.953, p < .05$ ), siendo más elevada en la primera de ellas (véase tabla 6.13). Los resultados en estado de reposo indican que hubo un descenso en la excitación basal durante la sesión de entrenamiento (véase figura 6.17).

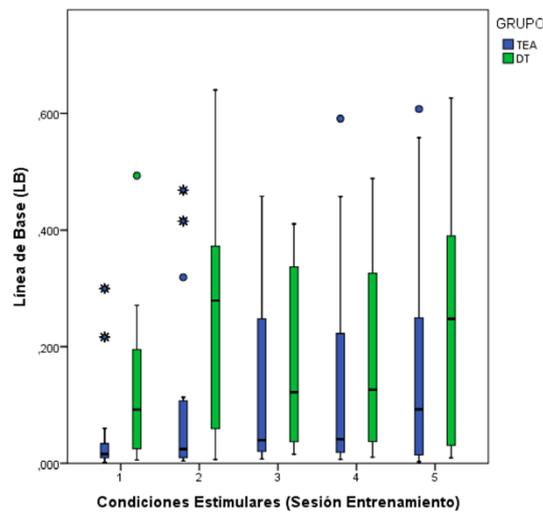


Figura 6.16: Activación LB grupo TEA y grupo DT sesión de entrenamiento.

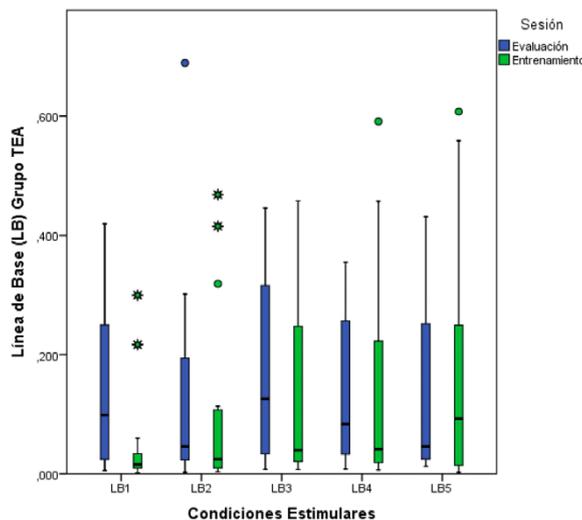


Figura 6.17: Gráfica LB grupo TEA sesión de evaluación y de entrenamiento.

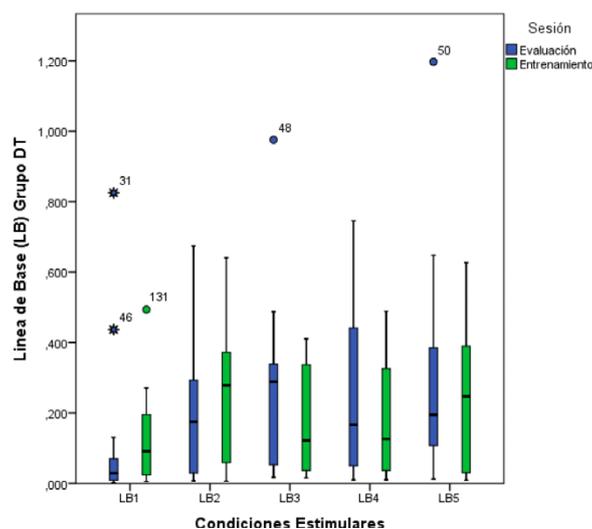


Figura 6.18: Gráfica LB grupo DT sesión de evaluación y de entrenamiento.

**Tabla 6.13:** Mediana y Desviación estándar grupo TEA y DT en las condiciones experimentales de LB sesión de evaluación y entrenamiento.

Sesión	Estímulo	Mediana Grupo Trastorno Espectro Autista	Desviación estándar Grupo Trastorno Espectro Autista	Mediana Grupo con Desarrollo Típico	Desviación estándar Grupo con Desarrollo Típico
Evaluación	LB1	.080	.172	.019	.210
	LB2	.037	.081	.110	.185
	LB3	.075	.166	.069	.228
	LB4	.083	.190	.058	.202
	LB5	.046	.200	.118	.231
Entrenamiento	LB1	.016	.087	.092	.135
	LB2	.024	.159	.279	.209
	LB3	.040	.151	.122	.157
	LB4	.041	.191	.126	.170
	LB5	.092	.198	.248	.198

- (H3): La excitación general de los sujetos tendrá un patrón similar entre el grupo TEA y el compuesto por sujetos con desarrollo típico durante la sesión de evaluación dentro de un EVI.

Para testear la H3 se incluyeron las variables PA\_SCL, T\_SCL, TV\_SCL, B\_SCL, FC\_SCL, D\_SCL, EX\_SCL, PM\_SCL, C\_SCL, M\_SCL, SJ\_SCL, PC\_SCL y SC\_SCL, obtenidas en la sesión EV, en el grupo TEA y DT.

La prueba de Mann-Whitney mostró que no se dieron diferencias estadísticamente significativas entre el grupo TEA y DT en la sesión EV en la medida electrodermal SCL. (véase figura 6.19). Ello indica que el nivel de excitación general, no difirió durante la sesión EV.

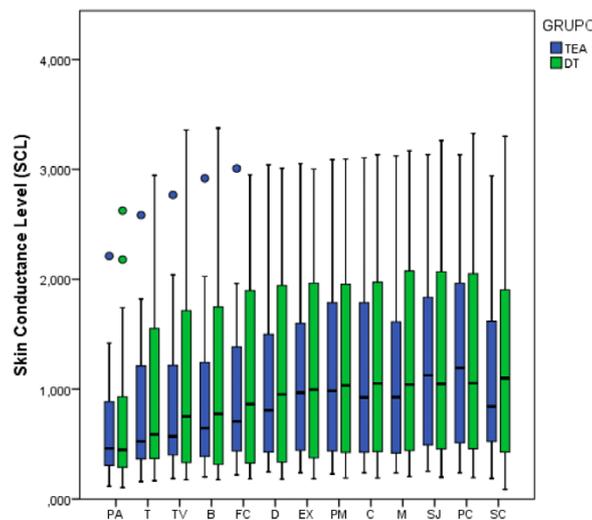


Figura 6.19: Gráfica SCL grupo TEA y DT sesión de evaluación.

- (H4): El entrenamiento provoca en lo sujetos con desarrollo típico un aumento de su excitación general, lo que no sucede con los sujetos TEA. Ello deriva en un patrón de excitación entre la evaluación y entrenamiento en el grupo DT que tiende a aumentar cuando ya conocen el contenido estimular.

La verificación de dicha hipótesis se realizó incluyendo al grupo TEA y DT y las variables obtenidas en la sesión ET PA\_SCL, T\_SCL, TV\_SCL, B\_SCL, FC\_SCL, D\_SCL, EX\_SCL, PM\_SCL, C\_SCL, M\_SCL, SJ\_SCL, PC\_SCL y SC\_SCL.

La prueba de *Mann-Whitney* halló en la sesión de entrenamiento diferencias estadísticamente significativas entre todas las condiciones estímulares. PA\_SCL ( $z = -2.637, p < .05$ ), T\_SCL ( $z = -2.800, p < .05$ ), TV\_SCL ( $z = -2.717, p < .05$ ), B\_SCL ( $z = -2.675, p < .05$ ), FC\_SCL ( $z = -2.676, p < .05$ ), D\_SCL ( $z = -2.800, p < .05$ ), PM\_SCL ( $z = -2.468, p < .05$ ), C\_SCL ( $z = -2.386, p < .05$ ), M\_SCL ( $z = -2.509, p < .05$ ), SJ\_SCL ( $z = -2.509, p < .05$ ), PC\_SCL ( $z = -2.344, p < .05$ ), SC\_SCL ( $z = -2.509, p < .05$ ) y EX\_SCL ( $z = -2.675, p < .05$ ) (véase tabla 6.14).

Los resultados indican que fue el grupo con desarrollo típico y en todas las condiciones estímulares, el que mostró un incremento general de la actividad electrodermal mayor que los participantes TEA (véase figura 6.20).

**Tabla 6.14:** Mediana y Desviación estándar grupo TEA y DT en las condiciones experimentales SCL sesión de evaluación.

Condiciones estímulares sesión evaluación	Mediana Trastorno del Espectro Autista	Desviación estándar Trastorno del Espectro Autista	Mediana Grupo Desarrollo Típico	Desviación estándar Grupo Desarrollo Típico
PA_SCL	.461	.486	.446	.644
T_SCL	.525	.601	.589	.808
TV_SCL	.570	.632	.751	.899
B_SCL	.645	.651	.775	.895
FC_SCL	.706	.690	.864	.879

<i>Condiciones estimulares sesión evaluación</i>	<i>Mediana Trastorno del Espectro Autista</i>	<i>Desviación estándar Trastorno del Espectro Autista</i>	<i>Mediana Grupo Desarrollo Típico</i>	<i>Desviación estándar Grupo Desarrollo Típico</i>
D_SCL	.807	.717	.952	.890
EX_SCL	.966	.728	.995	.882
PM_SCL	.985	.770	1.034	.881
C_SCL	.925	.788	1.052	.890
M_SCL	.928	.784	1.042	.903
SJ_SCL	1.124	.805	1.049	.940
PC_SCL	1.194	.836	1.055	.974
SC_SCL	.842	.736	1.099	.882

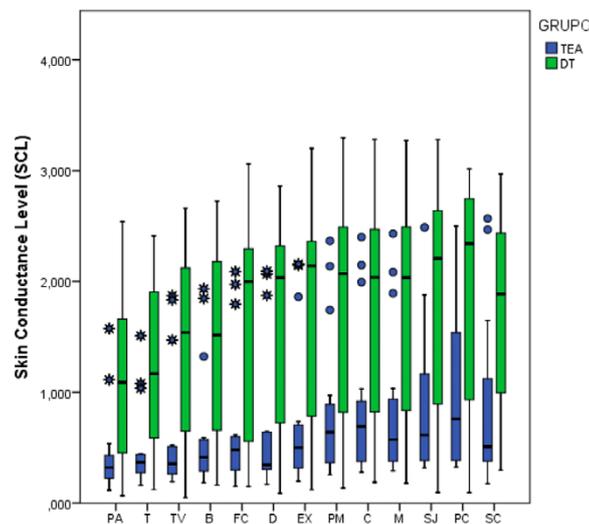


Figura 6.20: Gráfica SCL grupo TEA y DT sesión de entrenamiento.

El test de Wilcoxon halló en el grupo TEA diferencias estadísticamente significativas entre la sesión EV y ET en las condiciones PA\_SCL ( $z = -3.408$ ,  $p < .05$ ), siendo más elevada en la primera. Lo que indica que los sujetos TEA ante la capacidad de responder del avatar y responder al saludo y al nombre, descendieron su nivel general de excitación significativamente en la sesión de entrenamiento (véase figura 6.21 y tabla 6.15).

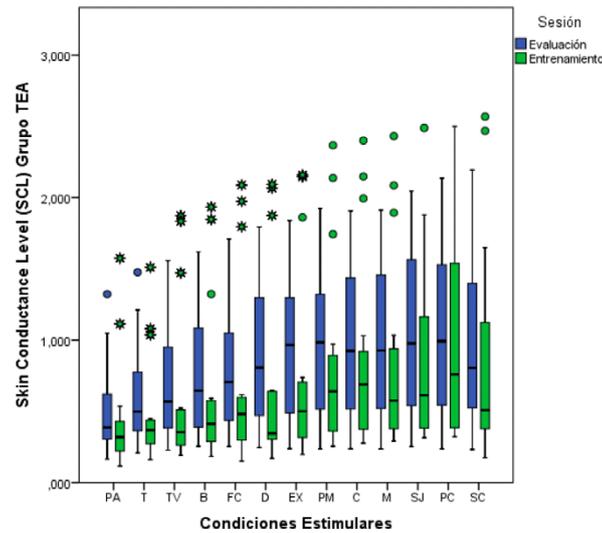


Figura 6.21: Gráfica SCL grupo TEA sesión evaluación y entrenamiento.

En el grupo DT las diferencias entre ambas sesiones se dieron en las condiciones PA\_SCL ( $z = -3.408, p < .05$ ) y PC\_SCL ( $z = -2.045, p < .05$ ), siendo marginalmente significativas en SJ\_SCL ( $z = -2.045, p = .06$ ), SC\_SCL ( $z = -1.931, p < .053$ ) (véase figura 6.22). Este resultado indica que, los sujetos con desarrollo típico ante la capacidad de responder del avatar y responder al saludo y al nombre (PA), el interés y la habilidad para integrarse en el guion (SC) y ante la respuesta a la atención conjunta y disfrute compartido peticiones y disfrute compartido (SJ), descendieron su nivel electrodermal en la sesión de entrenamiento. En cambio, ante el interés y la habilidad para integrarse en el guion (PC), sufrieron un aumento con respecto a la sesión de evaluación (véase figura 6.22 y tabla 6.15).

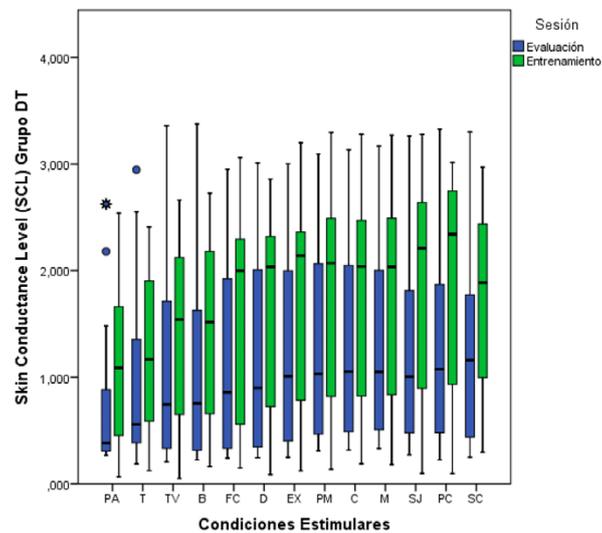


Figura 6.22: Gráfica SCL grupo TEA sesión evaluación y entrenamiento.

**Tabla 6.15:** *Mediana y Desviación estándar grupo TEA y DT en las condiciones experimentales SCL sesión de evaluación y entrenamiento.*

<i>Sesión</i>	<i>Estímulo</i>	<i>Mediana Trastorno del Espectro Autista</i>	<i>Desviación estándar Trastorno del Espectro Autista</i>	<i>Mediana Grupo Desarrollo Típico</i>	<i>Desviación estándar Grupo Desarrollo Típico</i>
Evaluación	PA_SCL	.386	.324	.383	.747
	T_SCL	.499	.365	.556	.869
	TV_SCL	.570	.418	.744	1.020
	B_SCL	.645	.443	.754	1.013
	FC_SCL	.706	.473	.857	.945
	D_SCL	.807	.504	.899	.940
	EX_SCL	.966	.520	1.008	.931
	PM_SCL	.985	.565	1.032	.947
	C_SCL	.925	.567	1.052	.947
	M_SCL	.928	.535	1.050	.949
	SJ_SCL	.976	.611	1.004	.981
	PC_SCL	.992	.647	1.074	1.000
	SC_SCL	.806	.604	1.159	.984
	Entrenamiento	PA_SCL	.321	.390	1.089
T_SCL		.368	.390	1.168	.771
TV_SCL		.354	.585	1.540	.857
B_SCL		.413	.575	1.517	.895
FC_SCL		.481	.661	1.997	.999
D_SCL		.345	.686	2.036	.940
EX_SCL		.501	.691	2.141	.975
PM_SCL		.639	.684	2.071	.981
C_SCL		.690	.712	2.039	.973
M_SCL		.575	.701	2.036	.977
SJ_SCL		.614	.672	2.207	1.021
PC_SCL		.759	.749	2.342	1.039
SC_SCL		.509	.776	1.886	.899

- (H5): *Frente a los estímulos concretos presentados en el contexto virtual, las reacciones electrodermales son similares entre los grupos TEA y con desarrollo típico.*

Para validar la hipótesis descrita se utilizó estadística inferencial no paramétrica que incluyó tanto al grupo TEA como al grupo DT, utilizando como variables las medidas electrodermales: PA\_SCR, T\_SCR, TV\_SCR, B\_SCR, FC\_SCR, D\_SCR, EX\_SCR, PM\_SCR, C\_SCR, M\_SCR, SJ\_SCR, PC\_SCR y SC\_SCR.

La prueba de *Mann-Whitney* no halló diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en la medida electrodermal SCR en la sesión de evaluación (véase tabla 6.14), lo que apunta a que el patrón de excitación ante un estímulo concreto, fue similar entre los dos grupos (véase figura 6.23).

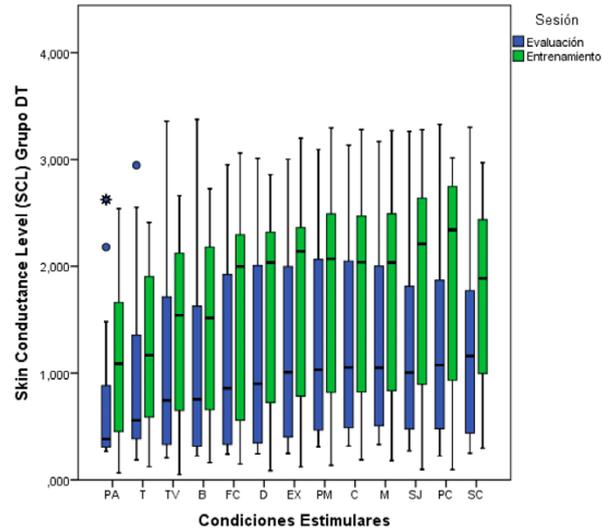


Figura 6.23: Gráfica SCR grupo TEA y DT sesión evaluación.

**Tabla 6.16:** Mediana y Desviación estándar grupo TEA y DT en las condiciones experimentales SCR sesión de evaluación.

<i>Condiciones estímulares sesión evaluación</i>	<i>Mediana Trastorno del Espectro Autista</i>	<i>Desviación estándar Trastorno del Espectro Autista</i>	<i>Mediana Grupo Desarrollo Típico</i>	<i>Desviación estándar Grupo Desarrollo Típico</i>
PA_SCL	.030	.133	.036	.103
T_SCL	.041	.117	.040	.131
TV_SCL	.037	.090	.043	.141
B_SCL	.029	.126	.051	.205
FC_SCL	.040	.142	.116	.216
D_SCR	.049	.144	.106	.218
EX_SCR	.067	.182	.072	.287
PM_SCR	.080	.163	.065	.199
C_SCR	.071	.138	.068	.223
M_SCR	.074	.187	.095	.213
SJ_SCR	.060	.174	.064	.218
PC_SCR	.087	.229	.124	.286
SC_SCR	.065	.126	.064	.146

- (H6): En la sesión de entrenamiento, se produce una mayor excitación ante un estímulo concreto en los sujetos DT que en los TEA, habiendo un patrón dispar entre la sesión de entrenamiento y evaluación en ambos grupos.

Las variables introducidas para contrastar dicha hipótesis fueron las obtenidas en el grupo TEA y DT durante la sesión ET: PA\_SCR, T\_SCR, TV\_SCR, B\_SCR, FC\_SCR, D\_SCR, EX\_SCR, PM\_SCR, C\_SCR, M\_SCR, SJ\_SCR, PC\_SCR y SC\_SCR.

La prueba de *Mann-Whitney* halló diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en la sesión de entrenamiento en las condiciones, PA\_SCR ( $z = -2.011$   $p < .05$ ), B\_SCR ( $z = -2.592$ ,  $p < .05$ ), D\_SCR ( $z = -2.177$   $p < .05$ ), EX\_SCR ( $z = -3.629$   $p < .05$ ), SC\_SCR ( $z = -1.970$   $p < .05$ ) y C\_SCR ( $z = -1.887$   $p = .06$ ). Dichos resultados indican que los sujetos con desarrollo típico aumentaron su excitación más que los participantes TEA, ante la respuesta verbal, visual o corporal del avatar, muestras de señalado, respuesta a la sonrisa social, anticipación de rutinas sociales, interés y habilidad para integrarse en un guion y capacidad de hacer peticiones (véase figura 6.24).

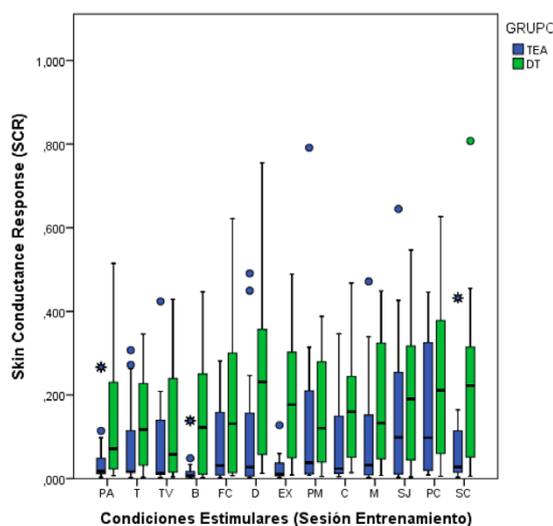


Figura 6.24: Gráfica SCR grupo TEA y DT sesión entrenamiento.

El test *Wilcoxon* halló diferencias estadísticamente significativas entre la sesión EV y ET en el grupo TEA en la condición B\_SCR ( $z = -2.442$ ,  $p < .05$ ) y EX\_SCR ( $z = -2.499$ ,  $p < .05$ ) (véase figura 6.25). Los participantes TEA ante la presencia de un estímulo que implicaba muestras de señalado e iniciación a la atención conjunta (B), aumentaron su excitación en la sesión ET. En cambio, ante un estímulo que implicó (EX) la anticipación de una rutina social (EX) la descendieron (véase tabla 6.17).

Los participantes DT mostraron diferencias marginalmente significativas entre la sesión EV y ET en la condición M\_SCR ( $z = -1.817$ ,  $p = .06$ ) y SC\_SCR ( $z = -1.761$ ,  $p = .07$ ) (véase figura 6.26). Los resultados apuntan hacia un aumento de la reactividad electrodermal durante la sesión ET en sujetos DT ante estímulos de iniciación a la atención conjunta (M) e interés y la habilidad del sujeto para integrarse en el guion (SC) (véase tabla 6.16).

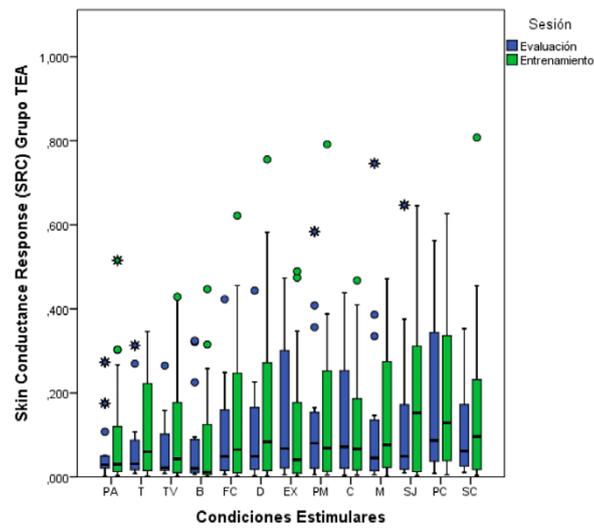


Figura 6.25: Gráfica SCR grupo TEA sesión evaluación y entrenamiento.

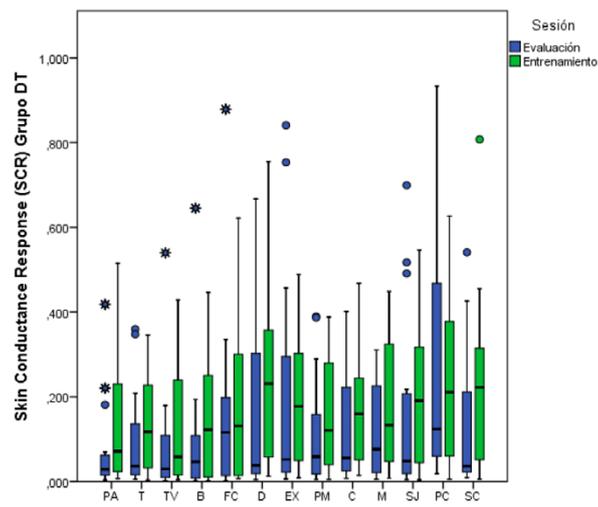


Figura 6.26: Gráfica SCR grupoDT sesión evaluación y entrenamiento.

**Tabla 6.17:** Mediana y Desviación estándar grupo TEA y DT en las condiciones experimentales SCR sesión de evaluación y entrenamiento.

<i>Sesión</i>	<i>Estímulo</i>	<i>Mediana Trastorno del Espectro Autista</i>	<i>Desviación estándar Trastorno del Espectro Autista</i>	<i>Mediana Grupo Desarrollo Típico</i>	<i>Desviación estándar Grupo Desarrollo Típico</i>
Evaluación	EX_SCR	.067	.170	.052	.275
	PM_SCR	.080	.172	.058	.136
	C_SCR	.071	.154	.056	.147
	M_SCR	.045	.205	.076	.113
	SJ_SCR	.049	.186	.048	.222
	PC_SCR	.087	.205	.124	.298
	SC_SCR	.062	.105	.036	.165
	PA_SCR	.018	.070	.071	.149
	T_SCR	.017	.110	.117	.113
	TV_SCR	.014	.117	.058	.141
	B_SCR	.007	.035	.122	.140
	FC_SCR	.031	.103	.131	.190
	D_SCR	.027	.167	.231	.217
Entrenamiento	EX_SCR	.010	.034	.177	.163
	PM_SCR	.038	.213	.120	.138
	C_SCR	.024	.110	.160	.149
	M_SCR	.032	.142	.133	.150
	SJ_SCR	.098	.196	.191	.167
	PC_SCR	.098	.167	.211	.213
	SC_SCR	.027	.111	.222	.216

- (H7): *El grado de incremento con respecto al estado de reposo, varía entre el grupo TEA y el DT en la sesión de evaluación.*

Para el contraste de hipótesis se tuvieron en cuenta ambos grupos, TEA y DT y las mediciones que evaluaron el grado de incremento de la excitación con respecto al estado de reposo durante la sesión EV: PA\_RATIO, T\_RATIO, TV\_RATIO, B\_RATIO, FC\_RATIO, D\_RATIO, EX\_RATIO, PM\_RATIO, C\_RATIO, M\_RATIO, SJ\_RATIO, PC\_RATIO y SC\_RATIO.

Los resultados de la prueba de Mann-Whitney halló diferencias estadísticamente significativas entre los grupos durante la sesión EV en las condiciones estímulares: PA\_RATIO ( $z = -3.872$   $p < .05$ ), T\_RATIO ( $z = -4.377$   $p < .05$ ), TV\_RATIO ( $z = -4.293$   $p < .05$ ) y B\_RATIO ( $z = -4.394$   $p < .05$ ), habiendo diferencias de carácter marginal en C\_RATIO ( $z = -1.902$   $p = .053$ ). Los resultados indican que los sujetos TEA tuvieron un incremento mayor que los DT, con respecto al estado de reposo previo, en estímulos en los que debían dar respuesta verbal, visual o corporal ante las propuestas del avatar (PA), en tareas de anticipación (T), en procesos de iniciación de atención conjunta, disfrute compartido y

capacidad de mostrar (TV), muestras de señalado, iniciación a la atención conjunta y muestras de desagrado (B) y capacidad de hacer peticiones y de seguir un guion (C) (véase figura 6.27).

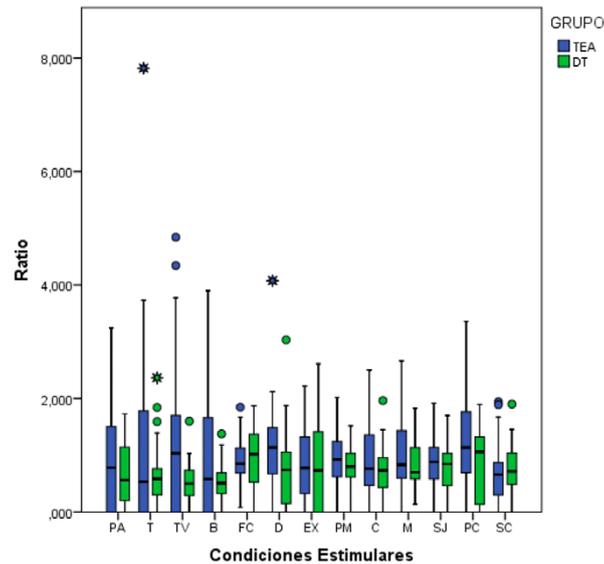


Figura 6.27: Gráfica Ratio grupo TEA y DT sesión evaluación.

- (H8): En el grado de incremento de la excitación ante un estímulo frente al estado de reposo, los sujetos TEA descenderán producto del entrenamiento, mientras que los pacientes normotípicos, tenderán a la estabilización.

Para contrastar la hipótesis anteriormente descrita, se introdujeron las variables PA\_RATIO, T\_RATIO, TV\_RATIO, B\_RATIO, FC\_RATIO, D\_RATIO, EX\_RATIO, PM\_RATIO, C\_RATIO, M\_RATIO, SJ\_RATIO, PC\_RATIO y SC\_RATIO del grupo TEA y DT, tanto de la sesión EV como DT.

La prueba de Mann-Whitney halló diferencias estadísticamente significativas entre el grupo TEA y DT durante la sesión ET en las condiciones: PA\_RATIO ( $z = -2.385$ ,  $p < .05$ ), T\_RATIO ( $z = -1.975$ ,  $p < .05$ ), EX\_RATIO ( $z = -2.406$ ,  $p < .05$ ) y M\_RATIO ( $z = -1.846$ ,  $p = .06$ ) (véase figura 6.28). Los resultados apuntan a que en la sesión ET, los sujetos con desarrollo típico mostraron un grado de incremento de excitación mayor que los sujetos TEA, frente a tareas de anticipación de una rutina social (EX). En cambio, los sujetos TEA, incrementaron su excitación en mayor grado que sus pares normotípicos, ante tareas que implicaron responder de forma verbal, visual o corporal al avatar (PA), anticipación, atención conjunta y disfrute compartido (T) e iniciación a la atención conjunta (M) (véase tabla 6.18).

**Tabla 6.18:** Mediana y Desviación Estándar grupo TEA y DT en las condiciones experimentales Ratio sesión de evaluación y entrenamiento.

<i>Sesión</i>	<i>Estímulo</i>	<i>Mediana Trastorno del Espectro Autista</i>	<i>Desviación estándar Trastorno del Espectro Autista</i>	<i>Mediana Grupo Desarrollo Típico</i>	<i>Desviación estándar Grupo Desarrollo Típico</i>
Evaluación	PA_RATIO	.616	.862	.898	1.350
	T_RATIO	.654	.791	.989	1.029
	TV_RATIO	.735	.929	.665	1.177
	B_RATIO	.531	.657	.843	1.234
	FC_RATIO	1.192	.709	.820	.345
	D_RATIO	1.028	1.043	1.259	.676
	EX_RATIO	1.493	1.695	1.296	1.074
	PM_RATIO	.797	.645	.958	.508
	C_RATIO	.828	.513	.738	.967
	M_RATIO	.649	.523	.843	.988
	SJ_RATIO	.829	.400	.936	.480
	PC_RATIO	1.247	.711	1.391	.874
	SC_RATIO	.747	.653	.840	.528
	PA_RATIO	1.402	.876	.515	.929
	T_RATIO	1.008	1.753	.377	.551
Entrenamiento	TV_RATIO	.963	.943	.564	.759
	B_RATIO	.591	.645	.561	.954
	FC_RATIO	.595	.578	.888	.385
	D_RATIO	.684	1.065	1.151	.645
	EX_RATIO	.273	.452	.800	1.003
	PM_RATIO	.781	.515	.754	.526
	C_RATIO	.876	.593	.565	.752
	M_RATIO	.647	.758	1.057	.830
	SJ_RATIO	.846	.463	.897	.740
	PC_RATIO	1.081	.987	.999	.945
	SC_RATIO	.772	.831	.675	.684

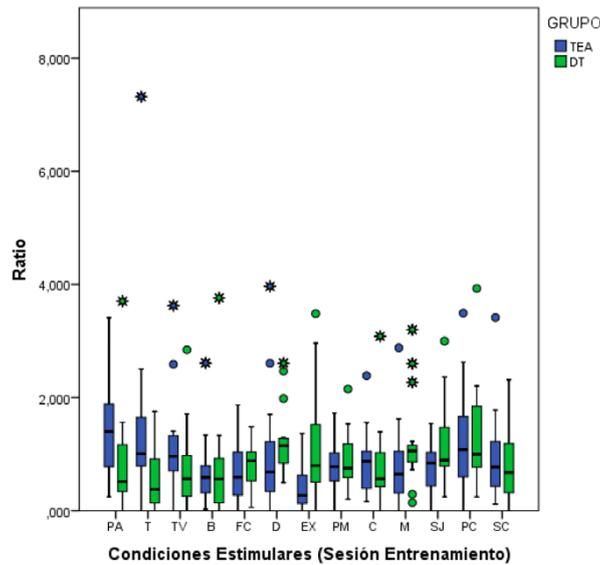


Figura 6.28: Gráfica Ratio grupo TEA y DT sesión entrenamiento.

El test *Wilcoxon* halló en el grupo TEA diferencias estadísticamente significativas entre la sesión EV y ET en las condiciones PA\_RATIO ( $z = -2.215, p < .05$ ), FC\_RATIO ( $z = -2.556, p < .05$ ) y EX\_RATIO ( $z = -3.351, p < .05$ ), siendo de carácter marginal en las condiciones, T\_RATIO ( $z = -3.010, p = .06$ ). Los resultados apuntan hacia un incremento en la sesión de ET en tareas de respuesta verbal, visual o corporal ante las propuestas del avatar, respuesta al saludo y al nombre (PA) y de expresión emocional, atención conjunta y disfrute compartido (T). En cambio, su grado de excitación con respecto al estado de reposo previo, descendió en sujetos TEA en la sesión ET, frente a estímulos que implicaron respuesta gestual o verbal a las invitaciones del avatar (FC), anticipación a una rutina social (EX) y expresión emocional, atención conjunta y disfrute compartido (T) (véase figura 6.29).

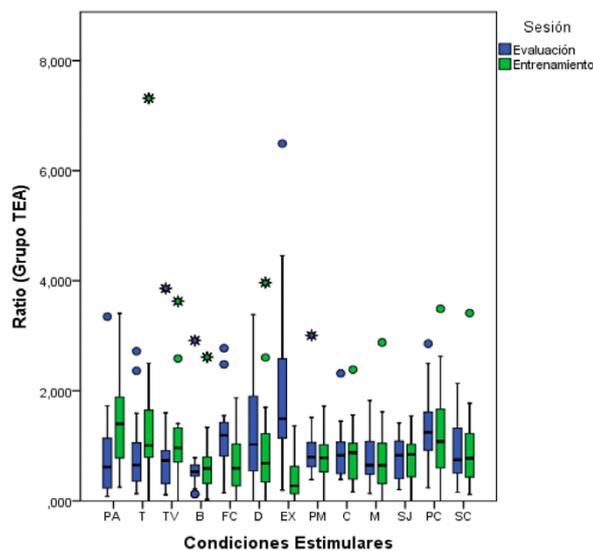


Figura 6.29: Gráfica Ratio grupo TEA sesión entrenamiento y entrenamiento.

En referencia al grupo DT, la prueba de *Mann-Whitney* no halló diferencias estadísticamente significativas entre la sesión EV y ET en ninguna de las condiciones experimentales (véase figura 6.30).

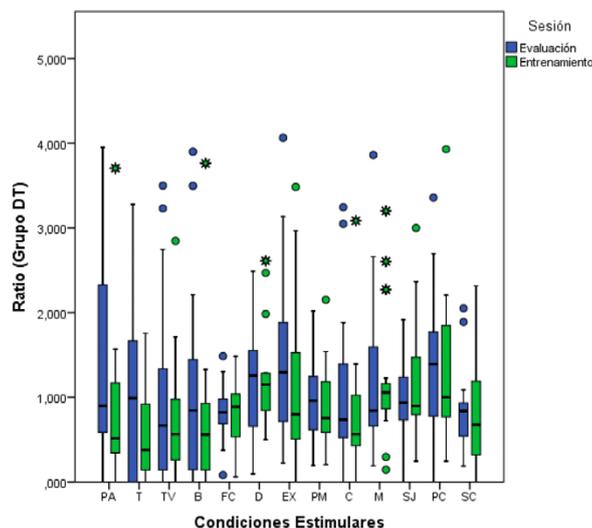


Figura 6.30: Gráfica Ratio grupo TEA sesión entrenamiento y evaluación.

*Objetivo 2: Evaluar si el comportamiento ocular es una medida con capacidad de discriminar sujetos con y sin afección TEA y de ser un indicador de una mejora en las habilidades aprendidas dentro de un EVI.*

Con el fin de responder al objetivo planteado, estudiamos total de fijaciones (TF), duración (DF) y frecuencia (FF), además del total de movimientos sacádicos (TS) duración (DS) y frecuencia (FS), obtenidas durante la sesión de evaluación (EV) y entrenamiento (ET).

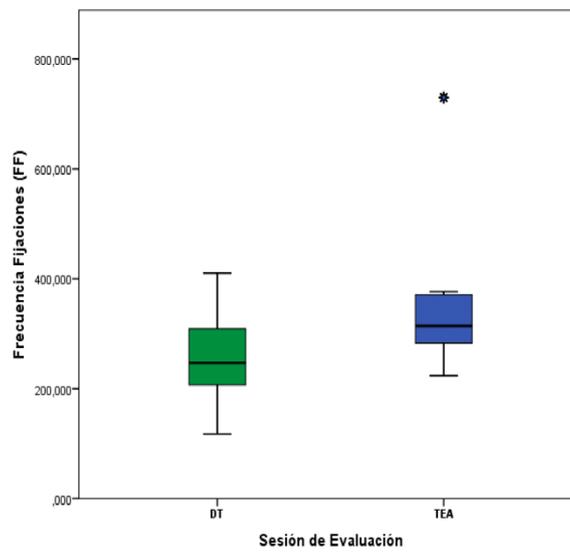
- (H9): *El comportamiento ocular durante la sesión de evaluación es dispar entre los grupos experimentales.*

Para contrastar la hipótesis citada, se introdujeron las variables TF, TS, DS, FF y FS del grupo TEA y DT obtenidos durante la sesión EV.

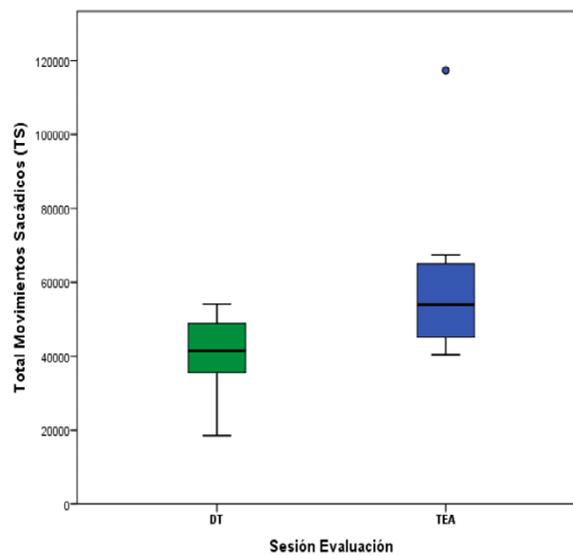
Los resultados de la prueba de *Mann-Whitney* hallaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en la sesión EV en las medidas FF ( $z = -2.194, p < .05$ ), TS ( $z = -2.656, p < .05$ ) y FS ( $z = -2.483, p < .05$ ) (véase figura 6.31, figura 6.32 y figura 6.33). Los resultados apuntan a que la frecuencia de las fijaciones y la frecuencia y el total de movimientos sacádicos, durante la sesión EV fueron más elevados en el grupo DT que en TEA (véase tabla 6.19).

**Tabla 6.19:** Mediana y Desviación Estándar medidas eye tracking sesión de evaluación.

<i>Medidas eye tracking sesión evaluación</i>	<i>Mediana Grupo Trastorno Espectro Autista</i>	<i>Desviación estándar Grupo Trastorno Espectro Autista</i>	<i>Mediana Grupo Normotípico</i>	<i>Desviación estándar Grupo Normotípico</i>
TF	297273.500	118901.041	257957.500	59283.904
DF	801.696	253.209	999.651	357.945
FF	314.152	169.681	247.057	79.839
TS	53932.000	26763.606	41462.500	9654.202
DS	60.028	4.485	59.572	6.083
FS	867.101	450.401	662.127	189.773



*Figura 6.31:* Frecuencia Fijaciones Grupo TEA y DT sesión evaluación.



*Figura 6.32:* Total de movimientos sacádicos Grupo TEA y DT sesión evaluación.

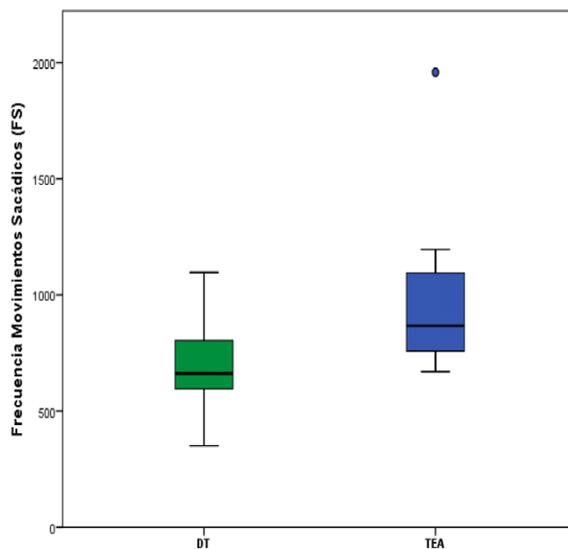


Figura 6.33: Frecuencia Movimientos Sacádicos Grupo TEA y DT sesión evaluación.

- (H10): Entre la sesión de entrenamiento y evaluación, los grupos experimentales presentan un comportamiento ocular distinto.

Para contrastar la hipótesis se tuvieron en cuenta las medidas TF, TS, DS, FF y FS, tanto de la sesión EV como ET, del grupo TEA y DT.

La prueba de *Mann-Whitney* detectó diferencias estadísticamente significativas en la medida FS ( $z = -3.004, p < .05$ ) en la sesión ET (véase figura 6.34). Los resultados indican que el grupo TEA realizó con menor frecuencia movimientos sacádicos que el grupo con desarrollo típico (véase tabla 6.20).

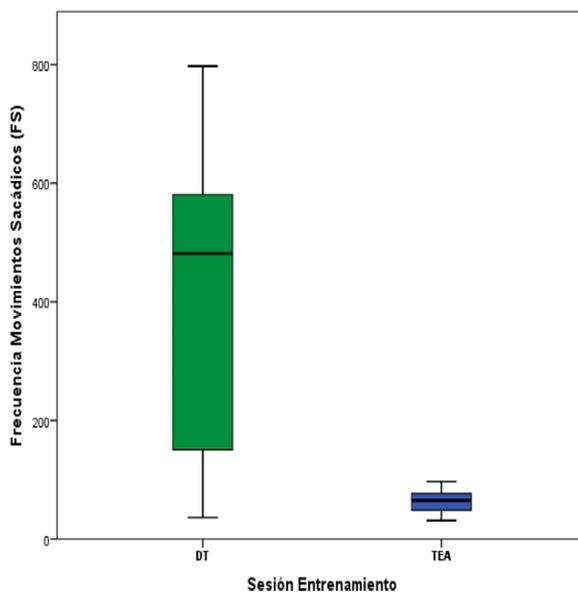


Figura 6.34: Frecuencia Movimientos Sacádicos Grupo TEA y DT sesión evaluación.

- (H11): La frecuencia de los movimientos sacádicos descenderá de forma significativa en la sesión de ET en ambos grupos.

En el contraste de hipótesis se introdujeron tanto los sujetos del grupo TEA como DT y las variables referentes a TF, TS, DS, FF y FS, tanto de la sesión EV como ET.

Los resultados del test de *Wilcoxon* hallaron que en el grupo TEA se dieron diferencias estadísticamente significativas entre la sesión EV y ET en la medida FS, ( $z = -3.059$ ,  $p < .05$ ) (véase figura 6.35). Los hallazgos apuntan a que, durante la sesión de entrenamiento, los sujetos TEA realizaron movimientos sacádicos con menor frecuencia que en la sesión de evaluación (véase tabla 6.20).

La misma prueba también halló en el grupo DT, diferencias estadísticamente significativas entre la sesión EV y ET en la medida FS, ( $z = -2.667$ ,  $p < .05$ ) (véase figura 6.36). En el caso de los participantes con desarrollo típico, los resultados apuntan a que la frecuencia con la realizaron movimientos sacádicos fue menos elevada en la sesión de entrenamiento (véase tabla 6.20).

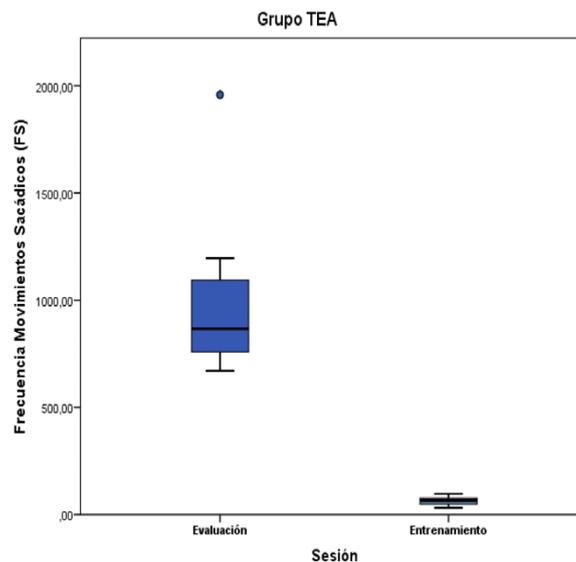


Figura 6.35: Frecuencia Movimientos Sacádicos Grupo TEA sesión evaluación y entrenamiento.

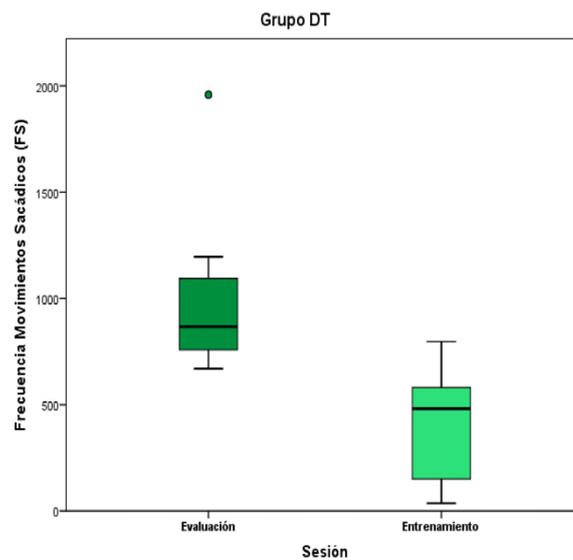


Figura 6.36: Frecuencia Movimientos Sacádicos Grupo DT sesión evaluación y entrenamiento.

**Tabla 6.20:** Mediana y Desviación estándar medidas eye tracking Sesión de evaluación y entrenamiento.

<i>Sesión</i>	<i>Medidas eye tracking evaluación</i>	<i>Mediana Trastorno del Espectro Autista</i>	<i>Desviación estándar Grupo Trastorno del Espectro Autista</i>	<i>Mediana Grupo Normotípico</i>	<i>Desviación estándar Grupo Normotípico</i>
Evaluación	TF	297273.500	118901.041	257957.500	59283.904
	DF	801.696	253.209	999.651	357.945
	FF	314.152	169.681	247.057	79.839
	TS	53932.000	26763.606	41462.500	9654.202
	DS	60.028	4.485	59.572	6.083
	FS	867.101	450.401	662.127	189.773
Entrenamiento	TF	288793.500	50037.589	258504.000	50131.251
	DF	832.680	245.779	1134.693	544.578
	FF	336.591	72.910	259.883	80.831
	TS	54866.500	9157.271	42187.600	9886.593
	DS	55.610	9.987	55.164	4.356
	FS	65.411	20.7546	481.331	270.364

*Objetivo 3: En un contexto virtual de elevada validez ecológica, analizar si existe relación entre las baterías diagnósticas empleadas para la evaluación de TEA y las medidas electrodermales y de comportamiento ocular.*

Para dar respuesta al objetivo planteado se introdujeron las variables electrodermales de la sesión de evaluación en estado de reposo (LB1, LB2, LB3, LB4 y LB5), las obtenidas en las fases SCL, SCR y Ratio (PA, T, TV, B, FC, D, EX, PM, C, M, SJ, PC y SC), las referentes al comportamiento ocular (TF, TS, DS, FF y FS) y las puntuaciones de los sujetos en las baterías diagnósticas ADOS-2, ADI-R y EVI-TEA.

- (H12): *Existe una relación lineal significativa entre las puntuaciones de la batería diagnóstica ADOS-2 y las puntuaciones obtenidas por los sujetos TEA dentro del contexto virtual.*

Para contrastar dicha hipótesis se introdujeron como variables las puntuaciones de los sujetos TEA obtenidas en la batería diagnóstica ADOS-2 y la evaluación realizada dentro del EVI (EVI-TEA).

Se encontró una relación lineal estadísticamente significativa entre las puntuaciones de afectación Social del cuestionario ADOS-2 y las puntuaciones referentes a la afectación social ( $r = .702^{**}$ ,  $p < .05$ ) y puntuación global del cuestionario EVI-TEA ( $r = .662^{**}$ ,  $p < .05$ ). Como se puede observar en la figura 1 y figura 2 incluidas en el Anexo J, no se dio una relación entre las variables afectación social del cuestionario EVI-TEA y la afectación social y puntuación global de la batería diagnóstica ADOS-2, dado que el valor de  $R^2 > 1$ .

- (H13): *Existen relaciones las medidas de excitación y las referentes al comportamiento ocular obtenidas en un contexto de elevado valor ecológico y las baterías diagnósticas empleadas en el TEA.*

Se introdujeron las puntuaciones obtenidas por los sujetos TEA en la batería diagnóstica ADOS-2, EVI-TEA y ADI-R y las variables en estado de reposo (LB1, LB2, LB3, LB4 y LB5), SCL, SCR y Ratio (PA, T, TV, B, FC, D, EX, PM, C, M, SJ, PC y SC) y las obtenidas en el comportamiento ocular (TF, TD, DF, DS, FF y FS).

En referencia al ADOS-2, se dio una relación lineal inversamente proporcional y de carácter negativo entre las puntuaciones referentes a comportamientos repetitivos y estereotipados y la condición LB1 ( $r = -.412^*$ ,  $p < .05$ ), PM\_SCR LB1 ( $r = -.412^*$ ,  $p < .05$ ) y PC\_RATIO ( $r = -.466^*$ ,  $p < .05$ ). No obstante, si analizamos la figura 1 y la figura 2 del Anexo K, vemos que no se dio una relación fuerte entre el estado de reposo inicial o respuesta gestual o verbal al avatar (PM) y las puntuaciones referentes a los comportamientos repetitivos y estereotipados del ADOS-2 ( $R^2 > 1$ ).

También se encontró una relación lineal significativa proporcional entre la medida PC\_Ratio y las puntuaciones referentes a la afectación social ( $r = .517^{**}$ ,  $p < .05$ ) y puntuaciones globales ( $r = .466^*$ ,  $p < .05$ ) de la batería ADOS-2. No obstante, y tal como muestra la figura 3 y figura 4 del Anexo J, no se dio una relación fuerte entre las variables significativas mencionadas ( $R^2 > 1$ ).

Entre las puntuaciones del cuestionario EVI-TEA y las medidas electrodermales, tras el análisis, se hallaron relaciones lineales estadísticamente significativas, e inversamente proporcionales entre las puntuaciones en afectación social y las condiciones: LB1 ( $r = -.586^{**}$ ,  $p < .05$ ), LB2 ( $r = -.614^{**}$ ,  $p < .05$ ), LB3 ( $r = -.579^{**}$ ,  $p < .05$ ), LB4 ( $r = -.564^{**}$ ,  $p < .05$ ) y LB5 ( $r = -.452^*$ ,  $p < .05$ ). A pesar de los resultados, las gráficas de dispersión, incluidas en el Anexo K, muestran que no se dio una relación fuerte entre ninguna de las variables EDA en estado de reposo y las puntuaciones del cuestionario EVI-TEA respecto a afectación social ( $R^2 > 1$ ) (véanse figura 1, figura 2, figura 3 y figura 4).

Los resultados obtuvieron relaciones lineales inversamente proporcionales y de carácter significativo entre la puntuación global del EVI-TEA y las condiciones LB1 ( $r = -.535^{**}$ ,  $p < .05$ ), LB2 ( $r = -.567^{**}$ ,  $p < .05$ ), LB3 ( $r = -.542^{**}$ ,  $p < .05$ ), LB4 ( $r = -.526^{**}$ ,

$p < .05$ ) y LB5 ( $r = -.408^*$ ,  $p < .05$ ). De nuevo, las gráficas de dispersión del Anexo K, muestran que no se dio una relación fuerte entre las líneas de base y la puntuación global del *EVI-TEA* (véase figura, 5, figura 6, figura 7, figura 8, figura 9, figura 10).

Tal como muestra la tabla 6.21, se encontraron relaciones lineales, moderadas, estadísticamente significativas y de proporcionalidad inversa, entre todas las condiciones experimentales en las medidas SCL y SCR y las puntuaciones del cuestionario *EVI-TEA* respecto a afectación social y puntuación global. Pero, si observamos la figura 11, figura 12 y figura 13, incluidas en el Anexo K, entre las variables electrodermales SCL y las puntuaciones de afectación social y puntuación global del cuestionario *EVI-TEA*, se obtuvieron valores de  $R^2 > 1$ , lo que apunta a que la relación entre las variables no fue significativa.

**Tabla 6.21:** Correlaciones actividad electrodermal y *EVI-TEA*

<i>Condición experimental</i>	<i>Medida EDA</i>	<i>EVI-TEA afectación social</i>	<i>EVI-TEA puntuación global</i>
PA (Pasillo Central)	SCL	-.403*	-
	SCR	-.429*	-.413*
T (Tren)	SCL	-.502*	-.503*
	SCR	-.471*	-.440*
TV (Tiovivo)	SCL	-.503*	-.498*
	SCR	-.551**	-.508**
B (Basura)	SCL	-.520**	-.519**
	SCR	-	-.399*
FC (Librería)	SCL	-.493*	-.478*
	SCR	-.495*	-.402*
D (Dependiente)	SCL	-.505**	-.479*
	SCR	-.577**	-.501*
EX (Expositores)	SCL	-.518**	-.494*
	SCR	-.526**	-.502*
PM (Puerta Supermercado)	SCL	-.521**	-.494*
	SCR	-.586**	-.535**
C (Línea Cajas)	SCL	-.537**	-.523**
	SCR	-.463*	-
M (Marquesina)	SCL	-.542**	-.526**
	SCR	-.521**	-.468*
SJ (Sala de Juegos)	SCL	-.586**	-.564**
	SCR	-.552**	-.521**
PC (Puerta del Cine)	SCL	-.554**	-.542**
	SCR	-	-
SC (Sala Cine)	SCL	-.486*	-.460*
	SCR	-.580**	-.530**

En el resto de condiciones estimulatorias donde se midió el nivel de excitación general de los sujetos (SCL), no se dio una relación fuerte con las puntuaciones de afectación social, teniendo todas ellas un valor de  $R^2 > .1$  (véase Anexo K: figura 14, figura 15, figura 16, figura 17, figura 18, figura 19, figura 20, figura 21, figura 22 y figura 23).

En cuanto a las relaciones lineales entre la medida electrodermal SCR y las puntuaciones de afectación social del cuestionario *EVI-TEA* (véase tabla 6.21), no se dio una relación fuerte entre las mismas, dado que el valor de  $R^2 > .1$  (véase Anexo K: figura 24, figura 25, figura 26, figura 27, figura 28, figura 29, figura 30, figura 31, figura 32, figura 33 y figura 34).

A pesar de las relaciones lineales de carácter significativo entre la medida electrodermal SCL y las puntuaciones globales del cuestionario *EVI-TEA* (véase tabla 6.21), no se encontraron relaciones de carácter fuerte entre ninguna de las variables electrodermales SCR y las puntuaciones globales, teniendo todas ellas un valor de  $R^2 > .1$  (véase Anexo K: figura 35 figura 36, figura 37, figura 38, figura 39, figura 40, figura 41, figura 42, figura 43, figura 44, figura 45 y figura 46).

Respecto a las relaciones lineales significativas entre la respuesta a un estímulo concreto o SCR y las Puntuaciones Globales obtenidas en el cuestionario *EVI-TEA*, las gráficas de dispersión indicaron que no se dio una relación fuerte entre las variables SCR y las puntuaciones globales ( $R^2 > .1$ ) (véase Anexo K: figura 47, figura 48, figura 49, figura 50, figura 51, figura 52, figura 53, figura 54, figura 55, figura 56 y figura 57).

En cuanto a la batería diagnóstica *ADI-R*, se encontró una relación lineal significativa de proporcionalidad inversa, entre la batería diagnóstica *ADI-R* en sus puntuaciones de interacción social y las medidas SJ\_Ratio ( $r = -.498^*$ ,  $p > .05$ ). Pese a los resultados, tal como indica la figura 6.37, no existe una relación fuerte entre las variables ( $R^2 > .1$ ).

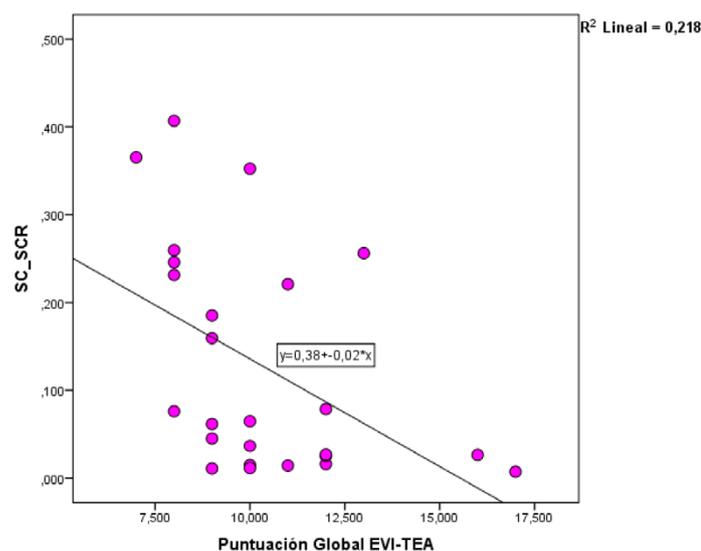


Figura 6.37: No existe una relación fuerte entre las variables ( $R^2 > .1$ ).

Los resultados no encontraron relaciones estadísticamente significativas entre las medidas obtenidas mediante el eye tracking y la batería *ADOS-2*, la batería diagnóstica para las familias *ADI-R*, donde la muestra descendió a 18 sujetos.

En cambio, se dio una relación estadísticamente significativa e inversamente proporcional entre las puntuaciones de afectación social del *EVI-TEA* y el total de fijaciones que realizaron los sujetos TEA en la experiencia virtual del Centro Comercial ( $r = -.553^{**}$ ,  $p < .05$ ). No obstante, tal y como muestra la figura 6.38, no existe una relación fuerte entre el total de fijaciones y las puntuaciones de afectación social ( $R^2 > I$ ).

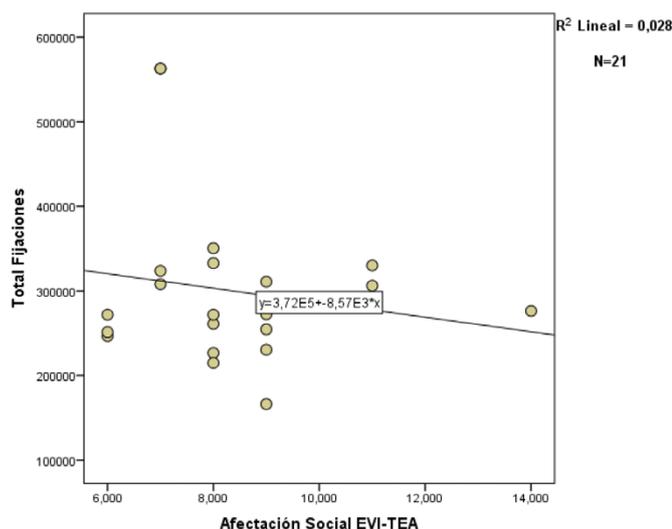


Figura 6.38: Gráfica de dispersión total fijaciones y afectación social *EVI-TEA*.

## 6.5 Discusión

En el presente apartado iremos contestando a cada una de las hipótesis planteadas inicialmente para el Estudio n°3 según los resultados, relacionándolas con el marco teórico.

Acerca de la *HI*, durante la sesión de entrenamiento, los participantes TEA mostraron una excitación mayor durante el estado de reposo inicial (LB1), siendo incluso más elevado que los participantes con desarrollo típico, por lo que su patrón electrodermal fue distinto. Los resultados pueden estar relacionados con una mayor activación del sistema nervioso simpático (Chang et al., 2012). El cambio iconográfico del entorno, conjuntamente con la ausencia de tarea anticipatoria, que pudo derivar en un aumento del estado de excitación ante un contexto novedoso. Una mayor activación en estados basales es un resultado acorde con el trabajo de Palkovitz & Wiesenfeld (1980), quienes hallaron una mayor excitación el primer estado de reposo ante un estímulo auditivo como fue: un tono y una frase con y sin sentido. También, Chang et al. (2012) en su estudio sobre el procesamiento auditivo de sujetos TEA, encontró una mayor excitación en las líneas de base. En cambio, Van Engeland (1984) en su trabajo con sujetos TEA ante el procesamiento auditivo, no halló diferencias en cuanto a la excitación en estado de reposo, siendo la edad de la muestra más elevada y no especificado la fase electrodermal que fue analizada.

En el grupo TEA, una vez transcurridas las primeras estancias del *EVI*, la activación basal descendió (LB2), para reactivarse a continuación, hasta el estado de

reposo final (LB5), donde volvieron a estabilizar su excitación. Este descenso, pudo darse ya que todas las estancias previas a LB2, se desarrollaron en el mismo contexto (pasillo central del centro comercial), lo que pudo proporcionar seguridad ante un entorno que no varió contextualmente. Ello se encuentra en consonancia con Hodgson, Freeston, Honey & Rodgers (2017), quienes reportaron como las familias de sujetos TEA, identificaban claramente síntomas de nerviosismo y ansiedad ante la incertidumbre o ante situaciones de carácter novedoso, sintiéndose más seguros en ambientes conocidos.

Por el contrario, los participantes con desarrollo típico, fueron aumentando su excitación en las líneas de bases a medida que trascurría la experiencia, lo que pudo ser producto de la acumulación de carga sensorial a medida que se fueron introduciendo estímulos (Prince et al., 2016).

Respecto a la *H2*, durante la sesión de entrenamiento, fueron los participantes con desarrollo típico los que obtuvieron mayor excitación en los dos estados de reposo iniciales (LB1 y LB2). El contenido estimular de los estados de relajación fue altamente repetitivo, lo que pudo derivar en un estado de aburrimiento que provocó un incremento de la excitación (Sohn et al., 2001).

Se halló un menor nivel electrodermal en los participantes TEA entre la sesión de evaluación y entrenamiento, pudo estar relacionado con el conocimiento previo de la experiencia, lo que pudo hacer percibirla como un contexto controlado, donde pudieron organizar mejor la información de carácter sensorial (Moore et al., 2005), generando una transferencia de aprendizaje, materializada en el descenso de excitación en la sesión de entrenamiento (Olmos-Raya et al., 2018). Ello estaría en consonancia con los resultados obtenidos por Maskey et al. (2014), quienes usaron *EVI* para el tratamiento de ansiedad frente a situaciones específicas y cuyos resultados reportaron que casi la totalidad de los participantes, redujeron dicha reactividad, apuntando con ello a que los contextos virtuales pueden ser un contexto efectivo de entrenamiento. La investigación de Newbutt, Bradley & Conley (2019), reportó que los sujetos con autismo entendieron los dispositivos virtuales como herramientas que les ayudaban a bajar sus niveles de ansiedad y a sentirse más tranquilos.

Acerca de la *H3*, durante la sesión de evaluación, los patrones de excitación general (SCL) dentro de un *EVI* fueron similares en los dos grupos experimentales, habiendo un incremento de la misma a medida que trascurrió la experiencia. Ello se encuentra en consonancia con la investigación de Makransky et. al., (2019), quienes hallaron una sobrecarga sensorial en la actividad eléctrica cerebral más elevada en entorno virtuales de inmersión que en contextos de escritorio. El descenso en la última estancia (SC\_SCL), pudo ser producto de no tener que llevar a cabo un comportamiento concreto, más allá de una visualización pasiva de la película, lo que, tal como indican Pennebaker & Chew (1985), pudo no requerir trabajo a nivel fisiológico. La carencia de diferencias entre los grupos se encuentra en consonancia con Zahn et al. (1987), quienes no encontraron diferencias entre el grupo TEA y el normotípico en la medida SCL, ante estímulos auditivos, teniendo el grupo experimental una mayor tendencia a la habituación. En cambio, Riby et al. (2012), hallaron que, ante la presencia de rostros emocionales y no emocionales, el grupo TEA no varió su excitación general entre dichas condiciones, siendo los niveles de SCL más elevados en sujetos normotípicos. Estudios como los de McCormick et al. (2014); Schoen et al. (2008), no mostraron un comportamiento diferente entre los grupos ante tareas de procesamiento sensorial.

En lo referente a la *H4*, durante la sesión de entrenamiento, los participantes con desarrollo típico incrementaron su excitación general con respecto a los del grupo TEA. Dicho resultado pudo ser producto de que se encontraban en un contexto que ya conocido. En esta línea Beauchamp & Parkinson (2005), informaron de la presencia de un factor novedoso en el uso de las TIC dentro del aula, haciendo referencia a los inicios de la implantación de pizarras digitales, una vez los alumnos conocieron todas las rutinas del recurso tecnológico, llegaron al estado definido por Houtveen et al., (2001) como habituación.

Pero cuando se comparó la excitación general entre la sesión de evaluación y entrenamiento, mientras que los sujetos TEA únicamente descendieron la agitación ante la capacidad de responder al avatar y dar respuesta al saludo y al nombre (PA\_SCL), los participantes con desarrollo típico sufrieron un descenso ante la capacidad de integrarse en un guion (SC) y la respuesta a la atención conjunta y disfrute compartido (SJ). En nuestro caso, la respuesta del grupo TEA, pudo ser producto de una inhibición ante un estímulo sensorial al que la mayoría de las personas responderían, presentando así un patrón electrodermal en SCL anormal (Parham & Mailloux, 2001). Jodra & García-Villamizar (2019) en su investigación sobre activación electrodermal en sujetos TEA, halló cierta “impermeabilidad” ante las emociones por parte de los sujetos TEA ante situaciones emocionales, lo que estaría relacionado con la falta de diferencias entre las sesiones. El descenso en sujetos TEA se encuentra en la línea de los resultados obtenidos por Bernardes et al. (2015), quienes hallaron un descenso en la actividad electrodermal en un contexto virtual cotidiano en los pacientes TEA tras el entrenamiento.

Sobre la *H5*, del mismo modo que en la activación general de los sujetos (SCR), la respuesta ante los estímulos concretos presentados dentro del EVI (SCR), ambos grupos mostraron una excitación similar en la sesión de evaluación. Hallazgos similares fueron los de Shalom et al. (2006), cuyos resultados no encontraron diferencias entre sujetos TEA y normotípicos ante imágenes con contenido emocional. Kaartinen et al. (2012), haciendo mediciones electrodermales SCR, tampoco hallaron diferencias ante fotografías con varias tipologías de mirada. Probablemente, los resultados, contrarios a las teorías sobre hiper o hiporreactividad por parte de sujetos TEA (McCormick et al., 2014), se deba a la inclusión dentro de la muestra de participantes TEA con perfiles sensoriales hiperactivas e hiporreactivos (Schoen et al., 2008).

En lo que respecta a la *H6*, durante la sesión de entrenamiento se dio una mayor excitación por parte de los participantes normotípicos que TEA, en todos los estímulos presentados dentro de *EVI*. Este resultado podría relacionarse, con una posición pasiva de los sujetos frente al contexto, no pudiendo interactuar, ni controlar los objetos o personajes que en él se encontraban. Finkelstein et al. (2009), haciendo uso de un contexto virtual donde mediaba la interacción con objetos, concluyeron que los niveles de motivación de los sujetos aumentaron en este tipo de contextos, donde eran ellos los que controlaban el entorno. Cabe señalar que una mayor activación fisiológica tanto en SCL como en SCR, puede ser reflejo de la preparación de los sujetos a nivel motor y un aumento de la tendencia a responder ante las acciones planteadas en el contexto virtual (Jang et al., 2015). En el caso de los sujetos TEA, únicamente elevaron su excitación cuando tuvieron que llevar a cabo muestras de señalado, procesos de iniciación a la atención conjunta y muestras de desagrado (B), lo que pudo indicar que, únicamente en esa situación se prepararon para dar respuesta requerida por el contexto virtual. En esa línea Cheng & Huang (2012), encontraron que sujetos diagnosticados con trastornos vinculados al neurodesarrollo, mejoraron la habilidad de señalar, mostrar, compartir cosas e interactuar,

tras ser entrenados haciendo uso de un contexto virtual, además de transferir dicho aprendizaje a un contexto real. Por el contrario, se produjo un descenso frente a una tarea anticipatoria a una rutina social (EX), lo que ocasionó una falta de respuesta (Jodra & García-Villamizar, 2019), lo que puede vincularse con un proceso inhibitorio ante los estímulos presentados, lo que puede relacionarse con el desarrollo de las funciones ejecutivas (Paula Pérez & Martos, 2011).

Los resultados con respecto a la *H7* mostraron que durante la sesión de evaluación en grado de agitación frente a un estímulo (Ratio) con respecto al estado de reposo anterior, fue más elevado en los participantes TEA en todas las tareas posteriores al primer estado de reposo (LB1). En este resultado intervino tanto las mediciones en estado de reposo, como las obtenidas frente a un estímulo concreto. Al contar los participantes TEA un mayor grado de excitación en estado de reposo, el grado de activación en la medida Ratio también aumentó, lo que puede estar relacionado con el trabajo de Chang et al. (2012); Palkovitz & Wiesenfeld (1980), quienes encontraron mayores niveles de excitación en estado de reposo, aunque únicamente analizando la fase electrodermal SCR y empleando un estímulo auditivo. En el presente estudio las tareas que incrementaron más la excitación con respecto al estado de reposo, fueron las vinculadas a la respuesta visual o verbal del avatar (PA), a la capacidad de anticipar una rutina y al proceso de atención conjunta (T), a la capacidad de mostrar disfrute compartido (TV) y las muestras de señalado o desagrado (B). El resultado obtenido ante la presencia del avatar que miró al sujeto, se encuentra en la línea de trabajo de Joseph et al. (2008); Kylliäinen & Hietanen (2006), quienes hallaron una mayor activación en sujetos TEA ante rostros con mirada directa, aunque analizando únicamente la fase electrodermal SCR. Kylliäinen et al. (2012), empleando de nuevo la fase SCR, encontraron que a medida que aumentaron en rostros la apertura de los ojos, aumentaron los niveles de excitación en sujetos TEA. Billeci et al. (2018) hallaron un mayor ritmo cardíaco en sujetos TEA ante tareas de atención conjunta. En cambio, Dijkhuis et al. (2019) encontraron que los sujetos TEA presentaron niveles de excitación general o SCL ante tareas atencionales menos elevados que sus pares normotípicos. Gillott & Standen (2007), en su trabajo en el que estudiaron los niveles de ansiedad en sujetos TEA, comprobaron que los niveles de excitación fueron más elevados cuando tuvieron que hacer frente a la anticipación. En cuanto a las muestras de desagrado, contrariamente a nuestros resultados, Shalom et al. (2006) no hallaron diferencias en cuanto a agitación entre imágenes agradables o desagradables. En cambio, Wicker et al. (2016) cuando analizaron la presencia de olores agradables o desagradables, observaron una mayor activación en sujetos TEA. A pesar de que en nuestro estudio en la condición B no se lanzó olor, la presencia de una papelera llena de basura, pudo ser percibida como desagradable para el grupo TEA.

En lo que se refiere a la *H8*, es en la medida Ratio, donde los sujetos normotípicos mostraron una estabilidad electrodermal entre la sesión de entrenamiento y la de evaluación, mientras que los participantes TEA lograron un descenso de dicha medida cuando tuvieron que anticiparse a una rutina social (EX) o cuando tuvieron que dar una respuesta a las invitaciones del avatar (FC). Este resultado podría relacionarse con la capacidad de aprendizaje, pudiendo ser el descenso electrodermal, el cual se encuentra vinculado al estrés, un factor que condiciona el entrenamiento, ya que el proceso de aprendizaje cuenta no mayor efectividad en contextos no estresantes (Olmos-Raya et al., 2018). En cuanto a la anticipación de una rutina social, el trabajo de Mitchell et al. (2007), halló una mejora de convenciones de carácter social tras el entrenamiento con contextos virtuales Desktop. Así mismo, Cheng & Ye, (2010), encontraron que, tras el entrenamiento, los tres sujetos que participaron en su investigación con un entorno

virtual colaborativo, comprendieron e interpretaron mejor las interacciones sociales con un avatar virtual. Respecto a los procesos de atención conjunta (T), Escobedo et al. (2014) los entrenaron en un contexto virtual, mejorándola y generando emociones positivas.

Con respecto a la *H9*, los participantes TEA realizaron con mayor frecuencia fijaciones oculares en el *EVI* durante la sesión de evaluación. Este resultado se encuentra en la línea de Spezio et al. (2007); Chawarska & Shic (2009), quienes, frente a un estímulo estático, encontraron un número de fijaciones significativamente mayor en áreas no vinculadas a las interacciones sociales. Teniendo en cuenta que los estímulos presentados en el *EVI*, no estuvieron delimitados por áreas de interés, lo sujetos pudieron tener una frecuencia de fijaciones más elevadas en regiones donde no aparecieron estímulos sociales, sino en lugares donde aparecieron objetos. En esta línea Klin et al. (2002), utilizando el fragmento de una película, hallaron un tiempo de fijación de dos veces mayor en el grupo TEA ante la presencia de objetos. Así mismo, Noris et al. 2011 estudiando el comportamiento ocular de sujetos TEA en un contexto real, observaron que se dio una tendencia a explorar más los laterales, hacia arriba o hacia abajo, evitando así el contacto visual con estímulos sociales.

Los sujetos TEA realizaron con mayor frecuencia movimientos sacádicos en la sesión de evaluación, lo que se podría relacionar con una mayor necesidad de explorar el entorno y con la variabilidad atencional (Groner & Groner, 1989). Kemner, Verbaten, Cuperus, Camfferman, & Van Engeland (1998), reportaron que los niños con TEA realizaron más movimientos sacádicos que sus pares normotípicos o con sujetos diagnosticados con un déficit de atención, independientemente del estímulo presentado, lo que puede influir en los procesos de aprendizaje. Dicho incremento también fue hallado en sujetos TEA de alto funcionamiento por Stanley-Cary, Rinehart, Tonge, White & Fielding (2011), que se ha relacionado con una disfunción cerebral en el tronco encefálico (Rosenhall, Johansson, & Gillberg, 1988). El estudio llevado a cabo por Kovarski, Siwiaszczyk, Malvy, Batty & Latinus, (2018), relacionó una tendencia a realizar movimientos sacádicos de mayor duración con la capacidad de localizar un estímulo periférico.

Finalmente, en cuanto a las *H10* y *H11*, respecto al entrenamiento, toda la población estudiada descendió la frecuencia de los movimientos sacádicos, aunque dicho descenso fue mayor en el grupo TEA. Al no haber variaciones entre los grupos, los resultados apuntan a que la población estudiada prestó menor atención durante la sesión de entrenamiento. El descenso de movimientos sacádicos, se ha asociado a una menor comprensión de estímulos, pero en contextos lectores, así como a disminución en los niveles de atención selectiva y con el rendimiento en cuanto al aprendizaje (De La Hoz Vásquez & Rodríguez Hernández, 2018). Hallamos pocas investigaciones que aborden el efecto del entrenamiento en un contexto virtual, cuyos resultados se basen en mediciones fisiológicas tales como el *eye tracking*, dado que la mayoría de los mismos se han focalizado en la evaluación de la sintomatología asociada al TEA (Papagiannopoulou et al., 2014).

Nuestros hallazgos son contrarios al trabajo de Fenning et al. (2017) quienes relacionaron la variabilidad electrodermal con la presencia de síntomas asociados al TEA. Del mismo modo, Prince et al. (2017), encontraron correlaciones en la excitación general o SCL con las puntuaciones de comportamientos repetitivos y estereotipados de la batería diagnóstica *ADOS-G*. En ambas investigaciones, el número de participantes fue más elevado y se realizaron los estudios en contextos reales. Por tanto, el tamaño muestral pudo condicionar nuestros resultados.

## 6.6 Conclusiones

Con el fin de finalizar este último estudio, se detallarán las conclusiones alcanzadas con respecto a cada uno de los objetivos planteados inicialmente.

Respecto al *Objetivo 1*:

Los patrones electrodermales en estado de reposo fueron dispares entre los grupos. Mientras que en la sesión de evaluación son los sujetos TEA los que se encuentran más excitados, en la sesión de entrenamiento fueron sus pares con desarrollo típico. Este resultado puede estar relacionado con contexto desconocido en el caso de los sujetos TEA y un estado de aburrimiento en el grupo con desarrollo típico durante la sesión de entrenamiento, que tuvo como consecuencia la hiper excitación. El entrenamiento dentro de un *EVI* hizo que se produjera un descenso de la excitación en los participantes TEA en estado de reposo, pudiendo ser producto del conocimiento del mismo y de un posible aprendizaje.

El nivel de activación general o SCL y frente a estímulos concreto o SCR, tuvieron un patrón similar en los dos grupos experimentales durante la sesión de evaluación, que pudo deberse a la sobrecarga sensorial producto del contexto, el cual afectó por igual a toda la población estudiada. Durante la sesión de entrenamiento, los participantes con desarrollo típico tuvieron niveles de excitación generales y frente a un estímulo concreto mayores que los participantes TEA, producto de la habituación o de falta de reactividad ante estímulos que pueden percibir como amenazantes. El estudio de la actividad electrodermal entre ambas sesiones halló que, mientras que el grupo TEA tiende a la estabilidad electrodermal en el entrenamiento, sus pares normotípico tendieron a aumentar su excitación. Los resultados pueden encontrarse relacionados con la ya mencionada habituación, en el caso del grupo TEA y con un contexto ya conocido por parte de la población normotípica, quienes aumentaron su excitación como resultado de prepararse para dar una respuesta a las tareas planteadas. También pudo deberse a una preparación por parte del grupo normotípico para realizar las acciones requeridas en el *EVI*, además de incluir en el grupo TEA diversos perfiles sensoriales.

Respecto al grado de incremento de la excitación con respecto a un estado de reposo previo (Ratio), durante la sesión de evaluación, los sujetos TEA fueron los que tendieron a mostrar un mayor aumento, concretamente en tareas que implicaron interacciones de carácter social, capacidad para la atención conjunta, disfrute compartido y muestras de señalado. A pesar de ser una medida poco estudiada, debe de tenerse en consideración, dado que es la que ha sido capaz de discriminar entre los grupos, en situaciones donde se puede reflejar la sintomatología TEA. Es por ello que los estados de relajación, en conjunción con otras mediciones electrodermal, aportan información de gran valía para la evaluación del TEA.

En cuanto al entrenamiento, los participantes con desarrollo típico tendieron a la estabilidad electrodermal con respecto a la sesión de evaluación. En cambio, los participantes TEA, vieron como descendió su agitación frente a un estímulo con respecto al estado de reposo previo. Dicha tendencia pudo estar relacionada con el posible efecto del entrenamiento, ya que el aprendizaje es más efectivo en contextos no estresantes.

Finalmente, en lo que respecta al *Objetivo 3* se concluyó que:

No se dieron relaciones lineales entre las baterías diagnósticas y las mediciones

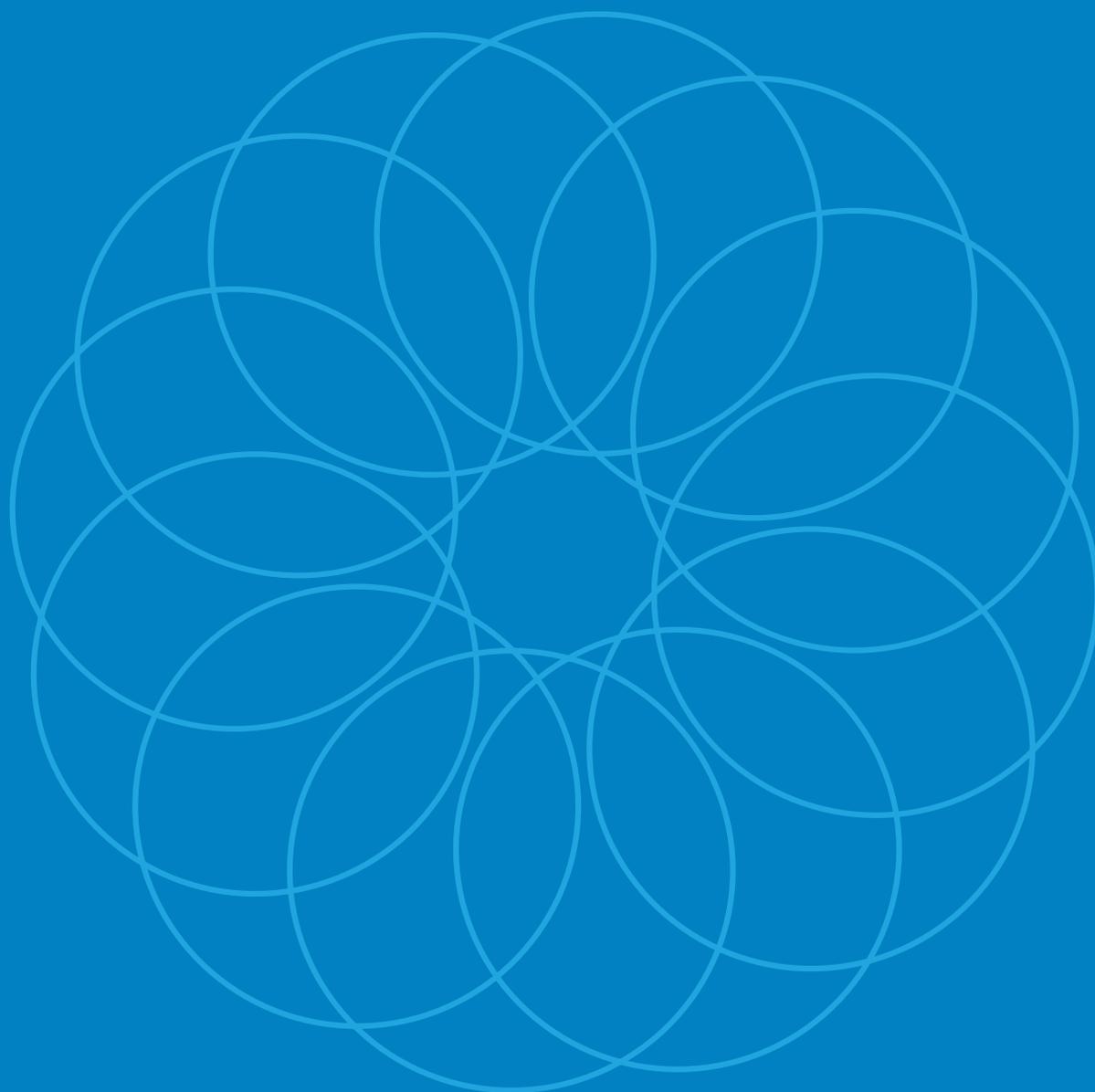
de carácter fisiológico, con lo cual no pudieron confirmarse la *H12* y *H13*, pudiendo estar condicionado dicho resultado por el tamaño de la muestra.

No obstante, y a pesar de los hallazgos descritos, la presente investigación no está carente de limitaciones. La primera de ellas, se debe al descenso muestral, que en el caso del grupo normotípico se produjo por la no asistencia a las citas experimentales. Además, en lo que respecta al grupo TEA, investigaciones futuras deberían de agrupar a los participantes atendiendo a grados de severidad, teniendo un grupo homogéneo de estudio. Cabe mencionar también que la calidad de la señal tanto electrodermal como la de *eye tracking* tuvieron poca calidad, lo que obligó tras el procesado a desechar sesiones. Ello nos lleva a afirmar que futuras investigaciones deberían de centrarse en primer lugar en validar que dispositivos fisiológicos proporcionan una señal de mejor calidad para la investigación del TEA. En cuanto al contenido del *EVI*, habría que introducir tareas manipulativas a través de la interacción con objetos virtuales, con el fin de que el *EVI* contenga todas aquellas actividades utilizadas en las baterías diagnósticas estandarizadas.

A pesar de las conclusiones halladas, la investigación debe de insistir en aumentar la muestra experimental, así como en criterios de agrupación en los sujetos TEA, atendiendo a grados de severidad, con el fin de conocer el comportamiento de los mismos, no solamente con respecto a sus pares normotípicos. Nuevas investigaciones deben de replicar nuestros hallazgos en cuanto a la validez de las medidas fisiológicas obtenidas tras el entrenamiento dentro de un entorno virtual, ampliando así el conocimiento de los cambios que se producen en las mismas tras la intervención, siendo ello un posible marcador objetivo de su efectividad.

# CAPÍTULO 7

CONCLUSIONES, CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO,  
LIMITACIONES Y TRABAJO FUTURO



## 7.1 Introducción

En este último capítulo, procederemos a exponer un resumen de los principales hallazgos obtenidos a lo largo de la presente Tesis Doctoral, tratando de plasmar las conclusiones extraídas a partir de los objetivos planteados inicialmente y relacionándolas con la literatura científica previa recogida en el Capítulo 2. Además, realizaremos una conclusión general, suponiendo la contribución al conocimiento científico de nuestra investigación, donde se analizarán los hallazgos comunes a los tres estudios experimentales, focalizándonos especialmente en que medidas de carácter fisiológico pueden ser indicadores capaces de discriminar a la población TEA de sujetos con desarrollo típico.

Finalmente, se llevará a cabo una descripción detallada de las limitaciones encontradas en el desarrollo del presente trabajo, así como las líneas de trabajo futuras que pueden complementar nuestros hallazgos y continuar con la investigación dentro del ámbito TEA, usando *EVI* y medidas implícitas para el diagnóstico e intervención del trastorno general del desarrollo que nos ocupa.

## 7.2 Conclusiones

En el presente apartado, se procederá a exponer los hallazgos y las conclusiones extraídas a partir de los objetivos planteados en el Capítulo 1, tratando de relacionarlos con la literatura científica previa.

*Objetivo 1: Analizar el grado de adaptabilidad de los sujetos ante la exposición a un EVI y a la colocación del dispositivo de medición de la actividad electrodermal.*

Para la consecución de dicho objetivo, fue necesario el registro previo a la experiencia virtual, sobre la tolerancia de los sujetos a la habitación donde se ubicó el *EVI*, así como la colocación del dispositivo de medición electrodermal *Empatica EA*, tal como se planteó en el Capítulo 4: Estudio nº1: Actividad electrodermal en un *EVI* basado en la respuesta al saludo.

A partir de la exposición de dichos resultados que corresponden con en el Objetivo 1 se alcanzaron las siguientes conclusiones:

- La elevada tolerancia al *EVI* reafirma la afinidad de la población TEA con los recursos tecnológicos, percibiéndolo como un entorno atractivo, dado que mayoritariamente los sujetos estudiados quisieron entrar en el *EVI* y vivenciar la experiencia virtual.
- El grado de adaptación, tanto al *EVI* como al dispositivo de medición electrodermal, estuvo condicionado por la anticipación previa a la experiencia, por lo que podemos concluir la efectividad de llevar a cabo tareas anticipatorias en población TEA en general y en el caso de enfrentarse a situaciones nuevas en particular.
- Se dio una elevada tolerancia en cuanto a la adaptación de los sujetos TEA a hacer uso del *EVI*, por lo que se podría contemplar como contextos virtuales seguros para la intervención y evaluación de la afectación, superando de ese modo las limitaciones que presenta la *RV Desktop* en cuanto a inmersión y el rechazo de la población TEA a llevar cascos *RV*, en los cuales la inmersión es mayor, pero suponen herramientas percibidas por la población TEA como invasivas.

- Hasta el momento, los *EVI* empleados en la investigación científica, únicamente han usado estimulación visual y auditiva, dotando al contexto virtual empleado en la presente investigación, de capacidad de estimulación olfativa, sin que su introducción supusiese un rechazo en los participantes.
- La capacidad de adaptación de la población TEA al *EVI*, ha sido evaluada en una muestra más elevada que en el resto de publicaciones científicas que han hecho uso de tecnología inmersiva, por lo que nuestro hallazgo puede apuntar hacia una mayor generalización de su uso.
- El dispositivo de medición electrodermal *Empática E4*, es un dispositivo que, a nivel de usabilidad y de comodidad en la población TEA, puede seguir siendo aplicado en la investigación sobre las respuestas electrodermal en población con dicha afección, aunque en el apartado Limitaciones se volverá a abordar la calidad de la señal que ofrece este dispositivo.

Con dicho análisis, se ha podido confirmar nuestro objetivo en cuanto a la usabilidad de *EVI* y del dispositivo *EDA Empática E4*, por lo que podemos concluir que ambos son adecuados para la investigación con población con diagnóstico TEA, sin que supongan herramientas de carácter invasivo.

Si ponemos atención en la elevada tolerancia al acceso dentro de un *EVI*, siendo similar con independencia del grupo al que pertenecían los participantes, dicho hallazgo indica que, pueden considerarse contextos de intervención y evaluación que la población TEA entiende como seguros, lo que puede estar en consonancia con la relación natural que existe entre la tecnología y la población estudiada, ya que la consideran predecible y por tanto segura (Lehman, 1998). La elevada adaptabilidad al *EVI*, pudo darse por la presencia de un contenido altamente visual, lo que guarda relación con el modelo de aprendizaje del TEA, basado en contenidos donde fundamentalmente interviene el sentido de la vista (Lozano-Martínez et al., 2011), ya sea en forma de pictogramas tradicionales o de aplicaciones TIC en 2 dimensiones (García Guillén et al., 2017). El uso generalizado de la TIC, fundamentalmente en lo que a la intervención en sujetos TEA se refiere, ha experimentado un gran crecimiento desde el hace una década (Golestan et al., 2018), por lo que los participantes pudieron estar habituados al uso de dichas herramientas, no suponiendo el uso de un *EVI* algo tan novedoso para ellos. Además, esta carencia de novedad, pudo estar condicionada por la anticipación previa que los investigadores llevaron a cabo, lo que refleja la eficacia de la misma cuando la población TEA tiene que enfrentarse a situaciones, contextos y personas que no forman parte de su rutina cotidiana (Lozano-Martínez et al., 2011).

Cabe destacar que dichos hallazgos en cuanto a la afinidad de la población TEA al uso de *EVI*, suponen superar la aplicación de la llamada *RV Desktop*. Su aplicación ha sido amplia en el ámbito de la intervención del TEA (Golestan et al., 2018), por la confortabilidad de la misma, pero suponiendo, a nivel tecnológico, una pérdida de validez ecológica. Este hallazgo apunta hacia la posibilidad de generalizar el uso de los *EVI*, ya que cuentan con capacidad de generar respuestas similares a las obtenidas en entornos reales, sin que el cerebro pueda diferenciar entre el mundo real y el virtual (Alcañiz et al., 2009), siendo contextos eficaces de aprendizaje para la población TEA (Lorenzo et al., 2016). Con ello, no sería necesario hacer uso de visores *RV*, los cuales producen rechazo en los sujetos con dicha afección neurológica (Parsons, 2016).

A pesar de la existencia de experiencias previas que han hecho uso de los *EVI*, estos han aplicado contextos virtuales con estímulos visuales y auditivos (Lorenzo et al., 2016; Maskey et al., 2014; Perhakaran et al., 2015), pero ninguna de ellas ha introducido en el mismo una corriente estimular continua que contemplase el sentido del olfato, no suponiendo un estímulo rechazado por la población TEA y pudiendo con ello investigar la influencia de todos los canales sensoriales de forma conjunta. Además, si atendemos a criterios tales como el número de participantes, nuestros hallazgos han sido validados en una muestra más elevada, por lo que el elevado grado de tolerancia puede ser un hallazgo con mayor capacidad de validez.

Finalmente, respecto a la colocación de la pulsera *EDA*, se ha observado una mayor limitación en su colocación por parte de los sujetos con diagnóstico TEA. Hecho que puede haber estado condicionado por la presencia de factores de carácter sensorial, tales como el rechazo a vestir ciertas prendas de ropa (Kern et al., 2006). A pesar de ello, el porcentaje de sujetos que aceptó su colocación ha sido elevado, lo que de nuevo vuelve a apuntar hacia la importancia de llevar a cabo una tarea de anticipación previa (Lozano-Martínez et al., 2011). Este resultado pone en evidencia, la importancia de las tareas anticipatorias en la población TEA, para regular su excitación ante situaciones novedosas. Cabe añadir, que el dispositivo empleado tenía forma de pulsera y era portable, lo contribuyó a la aceptación del mismo por parte de los sujetos TEA, quedando ya demostrada la necesidad de emplear dispositivos de medición fisiológica mínimamente invasivos en los trabajos de Andre et al. (2006); Hedman et al. (2009) y Picard & Klein (2002).

Nuestra investigación en cuanto a la tolerancia de los dispositivos evidencia que ambos son herramientas que pueden generalizarse en el ámbito de investigación del TEA, siempre que medie una tarea previa anticipatoria que ubique al participante en la situación. La anticipación pictográfica llevada a cabo fue altamente eficaz para que no rechazasen el *EVI*, pero el rechazo de algunos participantes al uso de la pulsera de medición *EDA*, podría haber sido paliado construyendo por parte del investigador dispositivos similares de juguete, de manera que las familias pudiesen practicar su colocación.

*Objetivo 2: En un contexto virtual de respuesta al saludo e imitación, estudiar la respuesta de los sujetos TEA y con desarrollo típico en las distintas medidas electrodermales ante la introducción paulatina del canal visual, auditivo y olfativo.*

Dicho objetivo se encuentra directamente relacionado con las respuestas de las diferentes fases *EDA* (LB, SCL, SCR y Ratio), proporcionadas por los participantes TEA y normotípicos, ante un contexto estimular de respuesta al saludo y de imitación total o parcial, en las cuales se fueron introduciendo progresivamente canales sensoriales: visual, visual y auditivo y visual, auditivo y olfativo, como se ha plasmado en los epígrafes 4.4 Resultados Estudio nº1 y 5.4 Resultados Estudio nº2.

Una vez estudiadas todas las respuestas electrodermal se alcanzaron las siguientes conclusiones:

- Con independencia del contexto estimular, fue la introducción progresiva de canales sensoriales lo que provocó un aumento de la excitación en Líneas de Base (LB) y en excitación general (SCL), teniendo toda la población estudiada un comportamiento similar. Ello nos permite afirmar que existe una relación entre la carga sensorial y la reactividad electrodermal, pero sin que fuera determinante para diferenciar patrones electrodermales.

- Los resultados obtenidos con respecto a los estímulos concreto (SCR) presentados en un contexto de respuesta al saludo, evidencian que a pesar de que la activación fue igualitaria, los sujetos TEA tienden a aumentar su excitación cuando se introdujo el canal olfativo, lo que apunta a la importancia del procesamiento olfativo a la hora de identificar a la población TEA.
- La respuesta electrodermal concreta (SCR) a estímulos de imitación total o parcial, mostró que los sujetos con desarrollo típico mostraron mayor reactividad, lo que revela la existencia de una inhibición de los sujetos TEA ante ateaas imitativas.
- La medida Ratio, con independencia del contexto estimular, fue capaz de discriminar entre la población estudiada, cuando se introdujo el canal olfativo, lo que nos proporciona evidencias que el sentido del olfato puede ser un indicador de la afeción.

En la revisión realizada por Lydon et al. (2014) sobre el uso de la actividad electrodermal en el ámbito del TEA, ya advierte de la controversia a la hora de identificar cual de las fases *EDA* es la que cuenta con mayor capacidad para diferenciar el comportamiento de la población TEA frente a la presencia de estímulos sensoriales. A pesar de dicha controversia y observando los resultados en dos contextos estímulares dispares, observamos como los datos obtenidos en Línea de Base y SCL, no aportan información capaz de clasificar a la población estudiada. Estos hallazgos se encuentran en consonancia con Van Engeland (1984), quien tampoco pudo hallar un comportamiento en Líneas de Base que diferenciara a la población TEA ante un estímulo auditivo o Riby et al. (2012), obteniendo un resultado similar al nuestro en SCL.

Apesar de la carencia de capacidad para clasificar comportamientos electrodermales, los estímulos virtuales presentados en ambos contextos, si que tuvieron la capacidad de aumentar el nivel de excitación de toda la población con independencia de la fase. Así pues, a medida que iban transcurriendo las experiencias y se fueron introduciendo canales sensoriales, la reactividad se elevó, lo que puede señalar que el *EDA* es una medida capaz de evaluar el nivel de carga cognitiva (Prince et al., 2016).

Si ponemos atención en la respuesta específica a un estímulo (SCR), ha sido la medida *EDA* más estudiada y con mayor capacidad para caracterizar la excitación de la población TEA (Lydon et al., 2014). Ello se encuentra en consonancia con nuestros resultados, que mostraron una menor respuesta en esta fase frente a tareas imitativas. Dicho descenso puede estar relacionado con procesos de inhibición en tareas (Parham & Mailloux, 2001) que se encuentran dentro de la sintomatología nuclear del TEA (American Psychiatric Association, 2013), pero también pudo estar condicionado por la presencia de un efecto acumulativo de la actividad física realizada a lo largo de las distintas tareas imitativas (Slater et al., 2006).

Finalmente, la medida Ratio es la única que proporcionó capacidad de discriminar entre la población estudiada, a pesar de la carencia de literatura científica que ha aplicado esta medida en la investigación del TEA, por lo que es complejo hacer el contraste de nuestros resultados. A pesar de ello, podemos trasladar nuestros resultados a estudios que han analizado el procesamiento olfativo en el TEA, ya que es cuando intervino dicho sentido cuando se pudo diferenciar entre los grupos estudiados. En nuestro caso,

la población TEA aumentó su excitación frente a la estimulación olfativa con una tarea de respuesta al saludo. Ello pudo darse por la percepción de un olor agradable, lo que concuerda con las aportaciones de Legiša et al. (2013), quienes hallaron una mayor activación de los participantes TEA ante olores agradables, entre los cuales se encontraba el de hierba fresca.

Nuestros estudios sobre medición *EDA* dentro de un *EVI* con capacidad de estimulación visual, auditiva y olfativas con tareas de respuesta al saludo y de imitación, concluyen que el contenido estimular del *EVI*, puede condicionar los resultados electrodermales, aunque las variaciones entre condiciones estimulares, con independencia del grupo, tienen capaz de proporcionar una respuesta en los participantes. Únicamente la medida Ratio fue capaz de diferenciar entre los grupos estudiados y cuando intervino el sentido del olfato, por lo debemos contemplar una disfunción en dicho canal sensorial en la población TEA.

*Objetivo 3: Estudiar si la excitación frente a estímulos visuales, auditivos y olfativos y con tareas de respuesta al saludo e imitación, tienen relación con las puntuaciones de las baterías diagnósticas.*

Para lograr dicho objetivo, se tuvieron en cuenta los informes proporcionados por las familias en cuanto al diagnóstico TEA y los resultados electrodermales obtenidos en los *EVI*s de respuesta al saludo e imitación. Los informes empleados fueron los proporcionados por el *ADOS-2*, *ADI-R*, la escala de desarrollo *Merrill Palmer* y el *Short Sensory Profile*.

Alcanzamos las siguientes conclusiones tras estudiar los 4.4 Resultados Estudio nº1 5.4 Resultados Estudio nº2:

- La actividad electrodermal no es un indicador capaz de predecir las puntuaciones obtenidas en las distintas áreas afectadas en el TEA.

Nuestros hallazgos son contrarios a la literatura científica estudiada en el Capítulo 2, ya que, en los que respecta al *ADOS-2*, las aportaciones de Fenning et al. (2017), concluyeron que la variabilidad electrodermal estaba relacionada con mayores puntuaciones en el grado de afectación. Del mismo modo (Prince et al., 2017) encontraron una relación significativa entre la fase *EDA SCL* y la presencia de comportamientos repetitivos y estereotipados. Dicha discrepancia puede deberse a que en ambos trabajos usaron la versión *ADOS-G*, hallando las puntuaciones comparativas con el fin de poder unificar sujetos con independencia de la edad y el grado de afectación. Además, realizaron su análisis con una muestra más elevada. Por el contrario, la falta de relación entre el *EDA* y el *Short Sensory Profile*, reafirma los resultados de McCormick et al. (2014); Schoen et al. (2009). Finalmente, en lo que respecta a los hallazgos obtenidos en el *ADOS-2* y *Merrill Palmer* no es posible contrastarlos por la carencia de estudios científicos.

Dichas conclusiones, que volveremos a abordar en Limitaciones y Trabajo Futuro, implican que no podemos entender la respuesta electrodermal como un indicador del TEA en los *EVI* empleados. Por otra parte, reafirman que mediciones el *EDA* no son capaces de relacionarse con el *Short Sensory Profile*, por lo que no debería de ser una vía de investigación abierta en estudios futuros, dado que nuestros resultados son afines a las publicaciones científicas que han abordado este aspecto.

*Objetivo 4: En un contexto virtual de elevada validez ecológica, estudiar la excitación y el comportamiento ocular de la población TEA y normotípica en una sesión de evaluación con tareas basadas en la batería diagnóstica ADOS-2 y explorar si existen variaciones tras una sesión de entrenamiento.*

Después de estudiar los 6.4 Resultados Estudio nº3 se concluyó:

- A pesar de que los sujetos TEA se mostraron más activados al inicio de la experiencia (LB) que sus pares normotípicos, durante la sesión de evaluación en la cual no fueron anticipados. Por el contrario, vemos como el entrenamiento y el conocimiento del contexto hace que su nivel electrodermal descienda.
- El nivel de activación general (SCL), fue similar en toda la población estudiada en la sesión de evaluación, pero vemos como los sujetos TEA, tras haber comprendido y asimilado en contexto y las tareas de respuesta al saludo del avatar y respuesta al nombre, descienden su excitación.
- La respuesta electrodermal a los estímulos concretos presentados en el *EVI* basado en un centro comercial (SCR), son similares en ambos grupos, pero tras una sesión de entrenamiento, mientras que la población normotípica aumenta su excitación producto de la falta de novedad estimular, los sujetos TEA comprenden las tareas de señalado y atención conjunta como menos estresantes, habiendo un posible aprendizaje.
- La media Ratio es la única que fue capaz de hallar un comportamiento electrodermal dispar en los grupos estudiados, concretamente ante dar respuesta verbal, visual o corporal al avatar, tareas de anticipación, procesos de iniciación de atención conjunta, disfrute compartido y capacidad de mostrar. Los sujetos TEA mostraron mayor excitación ante estímulos que forman parte de las dificultades asociadas a dicho trastorno neurológico. Del mismo modo que en el resto de fase *EDA*, el Ratio mostró como la falta de novedad estimular provocó excitación en los sujetos normotípicos, pero el conocimiento del *EVI* y en entrenamiento en dichas tareas produjo que la población TEA descendiese su reactividad, percibiéndolos como contextos más controlados.
- Las medidas proporcionadas por el eye tracking, frecuencia de las fijaciones y la frecuencia y el total de movimientos sacádicos, son capaces de discriminar entre los grupos estudiados, pero no reflejan un efecto de entrenamiento.

Nuestros hallazgos en cuanto a la capacidad de las medidas fisiológicas de ser un indicador eficaz de una mejoría tras la intervención son complejos de contrastar, ya que, la literatura se ha centrado en estudiarlas como patrones asociados a la evaluación de TEA, no habiendo estudios que aborden la variación del mismo tras una sesión de entrenamiento. No obstante, nuestros resultados confirman que todas las fases *EDA* mostraron un descenso y por tanto una menor excitación por parte de los sujetos TEA tras el entrenamiento en: tareas de respuesta al saludo del avatar, respuesta al nombre, señalado, atención conjunta, disfrute compartido y capacidad de mostrar. Esto pudo ser reflejo de la efectividad del entrenamiento, que provocó que descendieran los niveles de activación y por tanto que se produjese un proceso de aprendizaje (Olmos-Raya et al.,

2018). Por el contrario, los sujetos normotípicos tendieron a elevar su excitación cuando ya eran conocedores de la actividad que dentro del *EVI* se iba a llevar a cabo, lo que reafirma la pérdida de interés en el mismo por la falta de novedad que pudo derivar en un estado de aburrimiento (Jang et al., 2015).

En cuanto al uso del *eye tracking* como medida fisiológica con capacidad de discriminar población normotípica y TEA, nuestros resultados se encuentran respaldados por la amplia literatura que ha hallado relaciones entre dicha afección y el comportamiento ocular (Papagiannopoulou et al., 2014). El grupo TEA realizó con mayor frecuencia fijaciones y movimientos sacádicos, lo que guarda relación con una mayor necesidad de explorar el entorno y variabilidad atencional (Groner & Groner, 1989), pero no siendo un indicador eficaz del efecto de la intervención terapéutica en un *EVI*.

Con todo ello podemos concluir que, así como el comportamiento ocular se ha mostrado como un indicador eficaz para evaluar la sintomatología TEA, no lo es para el entrenamiento. En cambio, la actividad electrodermal puede ser entendida como una medida eficaz que puede proporcionar información sobre la eficacia de la intervención terapéutica dentro de un *EVI*. A pesar de dicho hallazgo, la falta de estudios científicos que hagan uso de *EVI* y de mediciones fisiológicas registradas durante varias sesiones, hace difícil el contraste de esta afirmación.

*Objetivo 5: Analizar las relaciones entre las baterías diagnósticas empleadas para la evaluación de TEA y las medidas electrodermales y de comportamiento ocular obtenidas en un contexto virtual de elevada validez ecológica.*

A partir de los 6.4 Resultados Estudio nº3, se alcanzó la siguiente conclusión:

- Del mismo modo que en el *Objetivo 3*, ninguna de las medidas fisiológicas (*EDA* y *eye tracking*), tienen capacidad para predecir las puntuaciones de las baterías empleadas para la evaluación del TEA.

Con independencia del contenido estimular del *EVI*, las medidas *EDA* y *eye tracking* no guardan relación con los datos referentes al diagnóstico proporcionados por las baterías estandarizadas. Por tanto, los valores de las escalas podrían estar midiendo aspectos relacionados con la sintomatología TEA distintos a los evaluados por las medidas fisiológicas, aunque este aspecto se retomará en el apartado de Limitaciones y Trabajo Futuro.

### **7.3 Contribución al conocimiento**

La presente Tesis Doctoral confirma que los *EVI* en conjunción con dispositivos de medición *EDA*, son recursos tecnológicos válidos y seguros en los que realizar, tareas de evaluación e intervención terapéutica con población diagnosticada de TEA. De los resultados se desprende que entienden los *EVI* como contextos seguros por los que no sienten rechazo. Así mismo, el dispositivo *EDA*, también se presenta como una herramienta con una elevada tolerancia en cuanto al uso, no así en cuanto a la señal proporcionada, ya que, debido al movimiento de los sujetos a lo largo de los estudios, hubo que descartar a algunos de ellos, lo que redujo la muestra de la presente investigación.

Así mismo, haciendo una valoración global de los tres estudios que conforman nuestra investigación, vemos como los resultados de la actividad electrodermal adquiridos en una única sesión, solamente son capaces de discriminar entre la población

estudiada cuando intervino el sentido del olfato y cuando analizamos en qué medida se había producido un aumento de la excitación ante un estímulo concreto con respecto a su Línea de Base (Ratio). En este punto debemos de destacar que el procesamiento a nivel olfativo es dispar en la población TEA, por lo que puede ser un indicador de del trastorno generalizado del desarrollo que nos ocupa, suponiendo el uso de la Ratio una novedad, ya que hasta la fecha no se había estudiado en el ámbito TEA.

Otra de las aportaciones a destacar es la capacidad de las medidas fisiológicas de ser un indicador de mejoría tras una sesión de entrenamiento dentro de un *EVI*, ya que no existen experiencias previas que hayan profundizado en ello. En nuestros hallazgos el *EDA* se presenta como una medida capaz de reflejar una mejoría ante tareas de respuesta al saludo del avatar, respuesta al nombre, señalado, atención conjunta, disfrute compartido y capacidad de mostrar. El descenso de la excitación en las mismas refleja la realización de las mismas pero percibiéndolas como menos estresantes y por tanto más seguras.

En cuanto a nuestras aportaciones sobre el uso del *eye tracking*, confirman todo el trabajo científico previo que relaciona un patrón ocular dispar en los sujetos TEA, sobretudo en lo que a la presencia de un comportamiento atencional distinto, pero no ha sido eficaz su aplicación y análisis tras una sesión de entrenamiento ya que toda la población estudiada mostró parámetros similares.

Finalmente, en lo referente a las relaciones entre dichas medidas y las baterías estandarizadas empleadas para el diagnóstico de la afección que nos ocupa, nuestro objetivo no fue confirmado, dado que no logramos establecer relaciones con las distintas áreas evaluadas. Nuestras conclusiones apuntan hacia la posibilidad de que las áreas evaluadas tanto en el *ADOS-2* como en el *ADOS-2* o *Merrill Palmer*, no guardan relación con el *EDA* o el comportamiento ocular, lo que deja una vía de investigación abierta que profundice en este resultado, superando las limitaciones que procederemos a especificar en el epígrafe posterior. Por último, cabe señalar que las relaciones entre el *EDA* y el cuestionario *Short Sensory Profile* son inexistente por lo que, tras nuestro trabajo respaldado por investigaciones con el mismo objeto e iguales resultados, se puede descartar que la actividad electrodermal sea un indicador de la disfunción sensorial evaluada con este tipo de cuestionario.

#### **7.4 Limitaciones**

En el presente epígrafe se van a presentar una serie de aspectos que han supuesto una limitación en la elaboración de la presente Tesis Doctoral.

La primera de ellas la encontramos en las métricas electrodermales llevadas a cabo por el dispositivo *Empática EA*, ya que no siempre fueron de calidad, por lo que algunos de los participantes no pudieron incluirse en la investigación. Ello repercutió en el tamaño muestral de los estudios, el cual fue limitado y pudo condicionar nuestros resultados. Fundamentalmente, se descartaron señales obtenidas de participantes TEA, ya que el excesivo movimiento de la pulsera de medición *EDA* repercutió en la calidad de la señal, dada la relación entre la actividad física y la alteración de los valores electrodermales.

La segunda de nuestras limitaciones fue con el dispositivo *eye tracking*. Existen pocos dispositivos portátiles capaces de hacer una medición del comportamiento ocular y el empleado en esta investigación tiene un coste que es difícil que pueda ser adquirido para el uso clínico en centro de intervención TEA. Además, no se analizaron los datos proporcionados por el dispositivo por áreas específicas de interés, sino que contemplamos

los resultados en la totalidad de la experiencia dentro del *EVI*. La segmentación de las escenas virtuales por áreas de interés podría arrojar resultados más esperanzadores, capaces de hallar relaciones con áreas de afectación concretas del TEA.

La tercera de las limitaciones fue la referente a la muestra. Nos encontramos con un número limitado de participantes TEA dispuestos a participar y que tuviesen un informe completo de evaluación. A ello cabe añadir que, los informes aportados habían sido realizados tiempo atrás, por lo que el proceso de maduración y la intervención terapéutica pudo ser un condicionante para nuestros resultados. Esta limitación no nos permitió poder parcelar la muestra por rangos de edad y grado de afectación, lo que pudo condicionar los resultados. En cuanto a la muestra de sujetos normotípicos, también fue limitada, siendo complejo que las familias se comprometiesen y acudieran a todas las sesiones experimentales.

### **7.5 Trabajo futuro**

A pesar de que la presente Tesis Doctoral inicia el camino de futuras investigaciones que apliquen *EVI*, en conjunción con mediciones fisiológicas, con capacidad de evaluar y de ser mediciones capaces de plasmar una mejoría en la intervención terapéutica de población con TEA, todavía quedan estudios científicos por realizar para que dicha herramienta sea robusta y capaz de llevar a cabo dicho propósito.

En primer lugar, la investigación futura debería de dar un paso atrás para poder avanzar en estas conclusiones en lo que se refiere a las mediciones *EDA*. Para ello, sería interesante estudios que profundicen en la calidad de la señal de distintos dispositivos portables, con el fin de escoger aquellos que puedan aplicarse en contextos reales que impliquen movimiento y que proporcionen resultados más sólidos. Éstos deberían de ser verificados en población normotípica y TEA. En esta última, se debería de agrupar la muestra atendiendo a criterios de edad, desarrollo de lenguaje y grado de afectación, además de llevar a cabo una reevaluación reciente, la cual permitirá saber en que momento concreto del desarrollo se encuentran. Además, se deberían incluir mediciones previas a entrar en el *EVI* del grado de excitación, ya que con ello se podría evaluar si la exposición a estos contextos virtuales, tiene algún efecto en los participantes que puede condicionar los resultados obtenidos.

En segundo lugar, los resultados de la presente investigación deberían de ser replicados, especialmente en lo referente a la medida Ratio y a las relaciones con las baterías estandarizadas, pero teniendo en cuenta todas las limitaciones descritas en el epígrafe anterior. De ese modo, contaríamos con trabajos con los cuales contrastar nuestros resultados.

Además, para que este tipo de tecnología sea asumible en coste para los centros especializados, se debería de profundizar en dispositivos *eye tracking* capaces de monitorizar el comportamiento ocular en contextos reales, pero con un menor coste económico y con la misma validez en cuanto a los resultados.

En tercer lugar, la investigación futura debe de incorporar a los *EVI*, tareas que permitan la interacción con los elementos virtuales. De ese modo quedarían incluidos las tareas manipulativas, pudiendo con ello contrastar los resultados con todas las áreas evaluadas por las baterías diagnósticas estandarizadas. Además, se debe de incluir un registro del movimiento de los participantes dentro del *EVI*, mediante el uso de cámaras capaces de hacer un seguimiento del mismo. Ello podría proporcionar resultados de gran

valor, dada la presencia de estereotipias corporales presentes en la afectación que nos ocupa.

En cuarto lugar, se deberían plantear estudios basados en un análisis de los datos con mayor robustez. Para ello, la investigación podría incorporar técnicas de *Maching Learning*, capaces de clasificar los resultados obtenidos en cada una de las mediciones fisiológicas. Con ello se avanzaría hacia una automatización de los registros fisiológicos y en la posibilidad de generar biomarcadores específicos del TEA.

Finalmente, el desarrollo tecnológico debería de ser capaz de generar *EVI* adaptativos a partir de los biomarcadores específicos de cada sujeto, de manera que se evalúen y entrenen aquellas áreas más afectadas. Además de dotar a los avatares que se introducen en el contexto con respuestas específicas, de manera que el terapeuta solamente sea un mero observador, completando con ello un proceso de interacción totalmente virtual. Todo ello debería de gestionarse mediante una plataforma software específica capaz de procesar toda la información proporcionada y reportar resultados en forma de informe clínico.

## Referencias

- Akshoomoff, N., Pierce, K., & Courchesne, E. (2002). The neurobiological basis of autism from a developmental perspective. *Development and psychopathology*, 14(7), 613-634. <https://doi.org/10.1017/S0954579402003115>
- Albores-Gallo, L., Hernández-Guzmán, L., Díaz-Pichardo, J. A., & Cortes-Hernández, B. (2008). Dificultades en la evaluación y diagnóstico del autismo: Una discusión. *Salud mental*, 31(1), 37-44. Obtenido de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0185-33252008000100006&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33252008000100006&lng=es&tlng=es)
- Alcañiz, M. L., Olmos-Raya, E., & Abad, L. (2019). Uso de entornos virtuales para trastornos del neurodesarrollo: una revisión del estado del arte y agenda futura [archivo PDF]. *Medicina*, 79, 77-81. Obtenido de <http://www.medicinabuenosaires.com/PMID/30776285.pdf>
- Alcañiz, M., Rey, B., Tembl, J., & Parkhutik, V. (2009). A neuroscience approach to virtual reality experience using transcranial Doppler monitoring. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 18(2), 97–11. <https://doi.org/doi:10.1162/pres.18.2.97>
- Allen, R., Davis, R., & Hill, E. (2013). The effects of autism and alexithymia on physiological and verbal responsiveness to music. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 42(2), 432–444. <https://doi.org/10.1007/s10803-012-1587-8>
- Al-omar, D., Al-wabil, A., & Hosny, M. (2013, July 21-26). *Using Pupil Size Variation during Visual Emotional Stimulation in Measuring Affective States*. Proceedings of the 7th international conference on Universal Access in Human-Computer Interaction: user and context diversity. Berlin, Heidelberg (pp. 253–258). [https://doi.org/10.1007/978-3-642-39191-0\\_28](https://doi.org/10.1007/978-3-642-39191-0_28)
- Alzayer, N., Banda, D. R., & Koul, R. K. (2014). Use of iPad/iPods with Individuals with autism and other developmental disabilities: A meta-analysis of communication interventions. *Review Journal of Autism and Developmental Disorders*, 1(3), 179–191. <https://doi.org/10.1007/s40489-014-0018-5>
- American Psychiatric Association. (1987). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (3<sup>a</sup>ed.revisada) (DSM-III-R). Washington, D.C.: American Psychiatric Association (trad. Cast. En Barcelona, Masson, 1988).
- American Psychiatric Association. (1952). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders*. Washington, D.C.: American Psychiatric Association.
- American Psychiatric Association. (1968). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (2nd Edition) (DSM-II). Washington, D.C.: American Psychiatric Association.
- American Psychiatric Association. (1980). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (3<sup>a</sup>ed.) (DSM-III). Washington, D.C.: American Psychiatric Association (trad. Cast. En Barcelona, Masson, 1984).
- American Psychiatric Association. (1994). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (4<sup>a</sup>ed.) (DSM-IV). Washington, D.C.: American Psychiatric Association.

American Psychiatric Association. (2000). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (4th ed., text rev.). Washington, DC: American Psychiatric Association.

American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (5th ed.). Washington, DC: American Psychiatric Association.

Anderson, C. J., Colombo, J., & Jill Shaddy, D. (2006). Visual scanning and pupillary responses in young children with autism spectrum disorder. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 28(7), 1238–1256. <https://doi.org/10.1080/13803390500376790>

Andre, D., Pelletier, R., Farrington, J., Safier, S., Talbott, W., Stone, R., Vyas, N., Trimble, J., Wolf, D., & Vishnubhatla, S. (2006). The development of the SenseWear® armband, a revolutionary energy assessment device to assess physical activity and lifestyle. *BodyMedia Inc.* Obtenido de [http://powerhousegym-aiea.dotfit.com/sites/63/templates/categories/images/1783/Dev\\_SenseWear\\_article.pdf](http://powerhousegym-aiea.dotfit.com/sites/63/templates/categories/images/1783/Dev_SenseWear_article.pdf)

Anzulewicz, A., Sobota, K., & Delafield-Butt, J. T. (2016). Toward the autism motor signature: Gesture patterns during smart tablet gameplay identify children with autism. *Scientific reports*, 6(1), 1-13. <https://doi.org/10.1038/srep31107>

Artigas-Pallarès, J., & Paula, I. (2012). El autismo 70 años después de Leo Kanner y Hans Asperger. *Revista de la Asociación Española de Neuropsiquiatría*, 32(115), 567–587. <https://doi.org/10.4321/S0211-57352012000300008>

Ashwin, C., Chapman, E., Howells, J., Rhydderch, D., Walker, I., & Baron-Cohen, S. (2014). Enhanced olfactory sensitivity in autism spectrum conditions. *Molecular Autism*, 5(1), 31-50. <https://doi.org/10.1186/2040-2392-5-53>

Asperger, H. (1991). Autistic psychopathy in childhood. In U. Frith (Ed.) *Autism and Asperger syndrome* (pp. 37–92). Cambridge University Press. (Original work published 1944). <https://doi.org/10.1017/CBO9780511526770.002>

Ayres, K. M., Mechling, L., & Sansosti, F. J. (2013). The use of mobile technologies to assist with life skills/independence of students with moderate/severe intellectual disability and/or autism spectrum disorders: Considerations for the future of school psychology. *Psychology in the Schools*, 50(3), 259–271. <https://doi.org/10.1002/pits.21673>

Azahari, I. N. N. A., Ahmad, W. F. W., & Hashim, A. S. (2015, November 17-19). Preliminary study on social learning using mobile technology among children with autism. *International Visual Informatics Conference (IVIC)*. Bangi, Malaysi. (pp. 420-431) [https://doi.org/10.1007/978-3-319-25939-0\\_37](https://doi.org/10.1007/978-3-319-25939-0_37)

Baker, A. E., Lane, A., Angley, M. T., & Young, R. L. (2008). The relationship between sensory processing patterns and behavioural responsiveness in autistic disorder: A pilot study. *Journal of autism and developmental disorders*, 38(5), 867-875. <https://doi.org/10.1007/s10803-007-0459-0>

Baños, R. M., Botella, C., Garcia-Palacios, A., Villa, H., Perpiñá, C., & Alcaniz, M. (2000). Presence and reality judgment in virtual environments: a unitary construct? *CyberPsychology & Behavior*, 3(3), 327-335. <https://doi.org/10.1089/10949310050078760>

Baron-Cohen, S., Leslie, A. M., & Frith, U. (1985). Does the autistic child have a “theory of mind”? *Cognition*, 21(1), 37-46. [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(85\)90022-8](https://doi.org/10.1016/0010-0277(85)90022-8)

Beauchamp, G. & Parkinson, J. (2005) Beyond the ‘wow’ factor: developing interactivity with the interactive whiteboard, *School Science Review*, 86 (316), 97-103. Obtenido de <http://www.ase.org.uk/journals/school-science-review/2005/03/316/>

Becker, C. S. (2011). Organizational neuroscience: Taking organizational theory inside the neural black box. *Journal of Management*, 37(4), 933–961. <https://doi.org/10.1177/0149206311424388>

Bekele, E., Crittendon, J., Zheng, Z., Swanson, A., Weitlauf, A., Warren, Z., & Sarkar, N. (2014). Assessing the utility of a virtual environment for enhancing facial affect recognition in adolescents with autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 44(7), 1641-1650. <https://doi.org/10.1007/s10803-014-2035-8>

Benedek, M., & Kaernbach, C. (2010). A continuous measure of phasic electrodermal activity. *Journal of Neuroscience Methods*, 190(1), 80–91. <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2010.04.028>

Bernardes, M., Barros, F., Simoes, M., & Castelo-Branco, M. (2015, June 9-12.). A serious game with virtual reality for travel training with Autism Spectrum Disorder. International Conference on Virtual Rehabilitation (ICVR), Valencia, Spain (pp. 127-128). IEE. Obtenido de: <http://hdl.handle.net/10316/35551>

Billeci, L., Tonacci, A., Narzisi, A., Manigrasso, Z., Varanini, M., Fulceri, F., Lattarulo, C., Calderoni, S., & Muratori, F. (2018). Heart rate variability during a joint attention task in toddlers with autism spectrum disorders. *Frontiers in physiology*, 9(467). <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00467>

Bisquerra Alzina, R., & Vilá Baños, R. (2014). El análisis cuantitativo de los datos. *Metodología de la investigación educativa*. Madrid: La Muralla

Blair, R. J. R. (1999). Psychophysiological responsiveness to the distress of others in children with autism. *Personality and individual differences*, 26(3), 477–485. [https://doi.org/10.1016/S0191-8869\(98\)00154-8](https://doi.org/10.1016/S0191-8869(98)00154-8)

Blanche, E. I., & Reinoso, G. (2007). Revisión de la literatura: déficit de procesamiento sensorial en el espectro del autismo. *Revista Chilena de terapia ocupacional*, 59. <https://doi.org/10.5354/0719-5346.2007.79>

Blascovich, J., Loomis, J., Beall, A. C., Swinth, K. R., Hoyt, C. L., & Bailenson, J. N. (2002). Immersive virtual environment technology as a methodological tool for social psychology. *Psychological inquiry*, 13(2), 103–124. [https://doi.org/10.1207/S15327965PLI1302\\_0](https://doi.org/10.1207/S15327965PLI1302_0)

Bleuler, E. (1919). Mediziner und Pfüscher. *In Das Autistisch-Undisziplinierte Denken in der Medizin und seine Überwindung*, 166-170. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-42333-2\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-662-42333-2_8)

Boucsein, W. (2012). Principles of electrodermal phenomena. *In Electrodermal*

Activity (pp. 1-86). Boston, M.A: Springer. [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-1126-0\\_11](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-1126-0_11)

Boudjarane, M. A., Grandgeorge, M., Marianowski, R., Misery, L., & Lemonnier, É. (2017). Perception of odors and tastes in autism spectrum disorders: A systematic review of assessments. *Autism Research*, 10, 1045–1057. <https://doi.org/10.1002/aur.1760>

Bradshaw, J., Shic, F., & Chawarska, K. (2011). Brief report: Face-specific recognition deficits in young children with autism spectrum disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 41(10), 1429-1435. <https://doi.org/10.1007/s10803-010-1150-4>

Brauner, A., & Brauner, F. (1986). L'enfant d'éréel. *Histoire des autismes depuis les contes de fées: fictions littéraires et réalités cliniques*. Toulouse: Privat, Jean-mon-Hérisson.

Bryant, B. R., & Seay, P. C. (1998). The technology-related assistance to individuals with disabilities act: Relevance to individuals with learning disabilities and their advocates. *Journal of Learning Disabilities*, 31(1), 4-15. <https://doi.org/10.1177/002221949803100102>

Cabibihan, J. J., Javed, H., Ang, M., & Aljunied, S. M. (2013). Why robots? A survey on the roles and benefits of social robots in the therapy of children with autism. *International Journal of Social Robotics*, 5(4), 593–618. <https://doi.org/10.1007/s12369-013-0202-2>

Cai, Y., Chia, N. K., Thalmann, D., Kee, N. K., Zheng, J., & Thalmann, N. M. (2013). Design and development of a virtual dolphinarium for children with autism. *IEEE transactions on neural systems and rehabilitation engineering*, 21(2), (pp. 208-217). <https://doi.org/10.1109/TNSRE.2013.2240700>

Cai, Y., Chiew, R., Nay, Z. T., Indhumathi, C., & Huang, L. (2017). Design and development of VR learning environments for children with ASD. *Interactive Learning Environments*, 25(8), 1098–1109. <https://doi.org/10.1109/TNSRE.2013.2240700>

Chang, M. C., Parham, L. D., Blanche, E. I., Schell, A., Chou, C. P., Dawson, M., & Clark, F. (2012). Autonomic and behavioural responses of children with autism to auditory stimuli. *American Journal of Occupational Therapy*, 66(5), 567-576. <https://doi.org/10.5014/ajot.2012.004242>

Chawarska, K., & Shic, F. (2009). Looking but not seeing: Atypical visual scanning and recognition of faces in 2 and 4-Year-old children with autism spectrum disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 39(12), 1663–1672. <https://doi.org/10.1007/s10803-009-0803-7>

Chawarska, K., MacAri, S., & Shic, F. (2012). Context modulates attention to social scenes in toddlers with autism. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, 53(8), 903–913. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2012.02538.x>

Chellali, R., & Hennig, S. (2013, September). Is it time to rethink motion artifacts? Temporal relationships between electrodermal activity and body movements in real-life conditions. *Humane Association Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction* (pp 330-335). <https://doi.org/10.1109/ACII.2013.61>

Cheng, Y., & Ye, J. (2010). Exploring the social competence of students with autism spectrum conditions in a collaborative virtual learning environment – *The pilot study*. *Computers & Education*, 54(4), 1068–1077. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2009.10.011>

Cohen, S., Masyn, K., Mastergeorge, A., & Hessler, D. (2013). Psychophysiological responses to emotional stimuli in children and adolescents with autism and fragile X syndrome. *Journal of Clinical Child & Adolescent Psychology*, 44(2), 250-263. <https://doi.org/10.1080/15374416.2013.843462>

Cooper, J. O., Heron, T. E., & Heward, W. L. (2007). *Applied behaviour analysis*. (O. Merrill, Ed.) Columbus. Obtenido de [http://125.234.102.146:8080/dspace/handle/DNULIB\\_52011/8407](http://125.234.102.146:8080/dspace/handle/DNULIB_52011/8407)

Corbett, B. A., Muscatello, R. A., & Blain, S. D. (s.f.). Impact of sensory sensitivity on physiological stress response and novel peer interaction in children with and without autism spectrum disorder. *Frontiers in Neuroscience*, 10(278). <https://doi.org/10.3389/fnins.2016.00278>

Cornelio-Nieto, J. O. (2009). Autismo infantil y neuronas en espejo. *Revista de neurología*, 48(2), 27-29. <https://doi.org/10.33588/rn.48s02.2009091>

Critchley, H. D. (2002). Electrodermal responses: what happens in the brain. *The Neuroscientist*, 2, 132–142. <https://doi.org/10.1177/107385840200800209>

De La Hoz Vásquez, M., & Rodríguez Hernández, M. (2018). Relación de los movimientos oculares sacádicos y la comprensión lectora con el déficit de atención e hiperactividad (TDAH). *Inclusión & Desarrollo*, 6(1), 137-149. <https://doi.org/10.26620/uniminuto.inclusion.6.1.2019.137-149>

Del Valle Rubido, M., McCracken, J. T., Hollander, E., Shic, F., Noeideke, J., Boak, L., Khwaja O., Sadikhov S., Fontoura P., & Umbricht, D. (2018). In search of biomarkers for autism spectrum disorder. *Autism Research*, 11(11), 1567-1579. <https://doi.org/10.1002/aur.2026>

Dijkhuis, R., Gurbuz, E., Ziermans, T., Staal, W., & Swaab, H. (2019). Social attention and emotional responsiveness in young adults with autism. *Frontiers in psychiatry*, 10, 426. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2019.00426>

Ditchburn, R. W., & Ginsborg, B. L. (1953). Involuntary eye movements during fixation. *The Journal of physiology*, 119(1), 1-17. <https://doi.org/doi:10.1113/jphysiol.1953.sp004824>

Duffield, T. C., Parsons, T. D., Landry, A., Karam, S., Otero, T., Mastel, S., & Hall, T. A. (2018). Virtual environments as an assessment modality with pediatric ASD populations: a brief report. *Child Neuropsychology*, 24(8), 1129-1136. <https://doi.org/10.1080/09297049.2017.1375473>

Dunn, W. & Westman, K. (1997). The sensory profile: the performance of a national sample of children without disabilities. *The American Journal of Occupational Therapy*, 51(1), 25–34. <https://doi.org/10.5014/ajot.51.1.25>

Elsabbagh, M., Divan, G., Koh, Y. J., Kim, Y. S., Kauchali, S., Marcín, C., Montiel-Nava C., Patel V., Paula C.S., Wang C., Yasamy M.T., & Fombonne, E. (2012). Global prevalence of autism and other pervasive developmental disorders. *Autism research*, 5(3), 160-179. <https://doi.org/10.1002/aur.239>

Escobedo, L., Tentori, M., Quintana, E., Favela, J., & Garcia-Rosas, D. (2014). Using augmented reality to help children with autism stay focused. *IEEE Pervasive Computing*, 13(1), (pp. 38–46). <https://doi.org/10.1109/MPRV.2014.19>

Fagius, J., & Wallin, B. G. (1980). Sympathetic reflex latencies and conduction velocities in normal man. *Journal of the neurological sciences*, 47(3), 433-448. [https://doi.org/10.1016/0022-510X\(80\)90098-2](https://doi.org/10.1016/0022-510X(80)90098-2)

Farnsworth, B. (9 de January 2 de 2019). *Skin conductance response – What it is and how to measure it*. [Archivo PDF]. Imotions.com. Obtenido de <https://imotions.com/blog/skin-conductance-response/>

Fenning, R. M., Baker, J. K., Baucom, B. R., Erath, S. A., Howland, M. A., & Moffitt, J. (2017). Electrodermal variability and symptom severity in children with autism spectrum disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 47(4), 1062-1072. <https://doi.org/10.1007/s10803-016-3021-0>

Finkelstein, S. L., Nickel, A., Harrison, L., Suma, E. A., & Barnes, T. (2009, March 14-18). cMotion: A new game design to teach emotion recognition and programming logic to children using virtual humans. 2009 IEEE Virtual Reality Conference. Los Angeles, USA. (pp. 249-250). <https://doi:10.1109/VR.2009.4811039>

Fletcher-Watson, S., Leekam, S. R., Benson, V., Frank, M. C., & Findlay, J. M. (2009). Eye-movements reveal attention to social information in autism spectrum disorder. *Neuropsychologia*, 47(1), 248-257. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2008.07.016>

Folstein, S., & Rutter, M. (1977). Infantile autism: a genetic study of 21 twin pairs. *Journal of Child psychology and Psychiatry*, 18(4), 297-321. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.1977.tb00443.x>

Fombonne, E. (2006). Past and Future Perspectives on Autism Epidemiology. *Understanding autism: From basic neuroscience to treatment*. (pp. 25–48). CRC Press/Routledge/Taylor & Francis Group. <https://doi.org/10.1201/9781420004205.ch2>

Forgeot d'Arc, B., Ramus, F., Lefebvre, A., Brottier D., Zalla T., Moukawane S., Amsellem F., Letellier L., Peyre H., Mouren M-C., Leboyer M., & Delorme R. (2014) Atypical Social Judgment and Sensitivity to Perceptual Cues in Autism Spectrum Disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 1–8. <https://doi.org/10.1007/s10803-014-2208-5>

Fornasari, L., Chittaro, L., Ieronutti, L., Cottini, L., Dassi, S., Cremaschi, S., Molteni M., Fabbro F., & Brambilla, P. (2013). Navigation and exploration of an urban virtual environment by children with autism spectrum disorder compared to children with typical development. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 7(8), 956–965. <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2013.04.007>

Francis, K. (2005). Autism interventions: A critical update. *Developmental medicine and child neurology*, 47(7), 493–499. <https://doi.org/doi:10.1017/S0012162205000952>

Freeth, M., Chapman, P., Ropar, D., & Mitchell, P. (2010). Do gaze cues in complex scenes capture and direct the attention of high functioning adolescents with ASD? Evidence from eye-tracking. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 40(5), 534–547. <https://doi.org/10.1007/s10803-009-0893-2>

García Guillén, S., Garrote Rojas, D., & Jiménez Fernández, S. (2017). Uso de las TIC en el Trastorno de Espectro Autista: aplicaciones. *EDMETIC*, 5(2), 134. <https://doi.org/10.21071/edmetic.v5i2.5780>

Gómez, S. L., & Álvarez, C. G. (2008). La conducta socio-afectiva en el trastorno autista: descripción e intervención psicoeducativa. *Pensamiento psicológico*, 4(10), 111–121. Obtenido de <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Dialnet-LaConductaSocioafectivaEnElTrastornoAutista-2792701.pdf>

Georgescu, A. L., Kuzmanovic, B., Roth, D., Bente, G., & Vogeley, K. (2014). The use of virtual characters to assess and train non-verbal communication in high-functioning autism. *Frontiers in human neuroscience*, 8, 807. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00807>

Georgiades, S., Szatmari, P., Boyle, M., Hanna, S., Duku, E., Zwaigenbaum, L., Bryson S., Fombonne E., Volden J., Mirenda P., Smith I., Roberts W., Vaillancourt T., Waddell C., Bennett T., & Thompson A. (2013). Investigating phenotypic heterogeneity in children with autism spectrum disorder: a factor mixture modeling approach. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 54(2), 206–215. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2012.02588.x>

Gillberg, C., & Rasmussen, P. (1994). Four case histories and a literature review of Williams syndrome and autistic behaviour. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 24(3), 381–393. <https://doi.org/10.1007/BF02172235>

Gillott, A., & Standen, P. J. (2007). Levels of anxiety and sources of stress in adults with autism. *Journal of intellectual disabilities*, 11(4), 359–370. <https://doi.org/10.1177/1744629507083585>

Goldín, D., Kriscautzky, M., & Perelman, F. (2012). *Las TIC en la escuela: nuevas herramientas para viejos y nuevos problemas*. México: Oceano Travesía. ISBN 978-607-400-314-7

Golestan, S., Soleiman, P., & Moradi, H. (2018). A comprehensive review of technologies used for screening, assessment, and rehabilitation of autism spectrum disorder [archivo PDF]. arXiv preprint *arXiv:1807.10986*. Obtenido de <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1807/1807.10986.pdf>

Gómez, S. L., & Álvarez, C. G. (2008). La conducta socio-afectiva en el trastorno autista: descripción e intervención psicoeducativa. *Pensamiento psicológico*, 4(10), 111–121. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2792701>

Gonçalves, N., Costa, S., Rodrigues, J., & Soares, F. (2014, May 14–15). *Detection of stereotyped hand flapping movements in Autistic children using the Kinect*

sensor: A case study. IEEE international conference on autonomous robot systems and competitions (ICARSC). Espinho, Portugal. (pp. 212-216). <https://doi.org/10.1109/ICARSC.2014.6849788>

Greenspan, S. I., & Wieder, S. (2008). *Comprender el autismo*. Barcelona: RBA Libros.

Groner, R., & Groner, M. T. (1989). Attention and eye movement control: an overview. *European archives of psychiatry and neurological sciences*, 239(1), 9-16. <https://doi.org/10.1007/BF01739737>

Grupo de Atención Temprana. (2000). *Libro blanco de Atención Temprana*. Madrid: Real Patronato de Prevención y de Atención a Personas con Minusvalías. Obtenido de [https://sid.usal.es/docs/F8/FDO625/libro\\_blanco\\_atenciontemprana.pdf](https://sid.usal.es/docs/F8/FDO625/libro_blanco_atenciontemprana.pdf)

Grynszpan, O., Martin, J. C., & Nadel, J. (2008). Multimedia interfaces for users with high functioning autism: An empirical investigation. *International Journal of Human-Computer Studies*, 66(8), 628-639. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2008.04.001>

Grynszpan, O., Nadel, J., Martin, J. C., Simonin, J., Bailleul, P., Wang, Gepner D., Le Barillier F., & Constant, J. (2012). Self-monitoring of gaze in high functioning autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 42(8), 1642-1650. <https://doi.org/10.1007/s10803-011-1404-9>

Guixeres, J., Bigné, E., Azofra, J. M. A., Raya, M. A., Granero, A. C., Hurtado, F. F., & Ornedo, V. N. (2017). Consumer neuroscience-based metrics predict recall, liking and viewing rates in online advertising. *Frontiers in Psychology*, 8. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01808>

Hammes, J. G. W., & Langdell, T. (1981). Precursors of symbol formation and childhood autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 11(3), 331-346. <https://doi.org/10.1007/BF01531515>

Harris, D. J., & Atkinson, G. (2018). Ethical standards in sport and exercise science research: 2014 update. *International Journal of Sports Medicine*, 34(12), 1025-1028. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1358756>

Haslam, J. (1809). *Observations on Madness and Melancholy: Including practical remarks on those diseases, together with cases, and an account of the morbid appearances on dissection*. London: Good Press. <https://books.google.es/books?id=DM7CDwAAQBAJ>

Hedman, E., Wilder-Smith, O., Goodwin, M. S., Poh, M. Z., Fletcher, R. & Picard, R. (2009, September 10-12). iCalm: Measuring electrodermal activity in almost any setting. *2009 3rd International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction and Workshops*. Amsterdam, Netherlands. (pp. 1-2) <https://doi.org/10.1109/ACII.2009.5349490>

Hilton, C. L., Harper, J. D., Kueker, R. H., Lang, A. R., Abbacchi, A. M., Todorov, A., & LaVesser, P. D. (2010). Sensory responsiveness as a predictor of social severity in children with high functioning autism spectrum disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 40(8), 937-945. <https://doi.org/10.1007/s10803-010-0944-8>

Hirstein, W., Iversen, P., & Ramachandran, V. S. (2001). *Autonomic responses of autistic children to people and objects*. Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences, (pp. 1883-1888). doi: <https://doi.org/10.1098/rspb.2001.1724>

Hodgson, A. R., Freeston, M. H., Honey, E., & Rodgers, J. (2017). Facing the Unknown: Intolerance of Uncertainty in Children with Autism Spectrum Disorder. *Journal of applied research in intellectual disabilities*, 30(2), 336-344. <https://doi.org/10.1111/jar.12245>

Hosozawa, M., Tanaka, K., Shimizu, T., Nakano, T., & Kitazawa, S. (2012). How children with specific language impairment view social situations: *an eye tracking study*. *Pediatrics*, 129(6), e1453-e1460. <https://doi.org/10.1542/peds.2011-2278>

Houtveen, J. H., Rietveld, S., Schoutrop, M., Spiering, M., & Brosschot, J. F. (2001). A repressive coping style and affective, facial and physiological responses to looking at emotional pictures. *International Journal of Psychophysiology*, 42(3), 265-277. [https://doi.org/10.1016/s0167-8760\(01\)00150-7](https://doi.org/10.1016/s0167-8760(01)00150-7)

Hubert, B. E., Wicker, B., Monfardini, E., & Deruelle, C. (2009). Electrodermal reactivity to emotion processing in adults with autistic spectrum disorders. *Autism*, 13(1), 9–19. <https://doi.org/10.1177/1362361308091649>

Hupont, I., Cerezo, E., & Baldassarri, S. (2008). Hacia una representación avanzada del afecto humano para la investigación en calidad de experiencia de usuario [archivo PDF]. *Revista Faz*, 120–132. Obtenido de [http://www.revistafaz.org/n7/7\\_representacion.pdf](http://www.revistafaz.org/n7/7_representacion.pdf)

Ip, H. H., Wong, S. W., Chan, D. F., Byrne, J., Li, C., Yuan, V. S., Lau, S. Y., & Wong, J. Y. (2018). Enhance emotional and social adaptation skills for children with autism spectrum disorder: A virtual reality enabled approach. *Computers & Education*, 117, 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.09.010>

Jang, E. H., Park, B. J., Park, M. S., Kim, S. H., & Sohn, J. H. (2015). Analysis of physiological signals for recognition of boredom, pain, and surprise emotions. *Journal of Physiological Anthropology*, 34(25). <https://doi.org/10.1186/s40101-015-0063-5>

Jarrold, W., Mundy, P., Gwaltney, M., Bailenson, J., Hatt, N., McIntyre, N., Kim K., Solomon M., Novotny S., & Swain, L. (2013). Social attention in a virtual public speaking task in higher functioning children with autism. *Autism Research*, 6, 393–410. <https://doi.org/10.1002/aur.1302>

Jazouli, M., Majda, A., Merad, D., Aalouane, R., & Zarghili, A. (2019). Automatic detection of stereotyped movements in autistic children using the Kinect sensor. *International Journal of Biomedical Engineering and Technology*, 29(3), 201-220. <https://doi.org/10.1504/IJBET.2019.097621>

Jodra, M., & García-Villamizar, D. (2019). Impacto de la activación emocional en el reconocimiento de emociones en personas adultas con Trastornos del Espectro del Autismo y Discapacidad Intelectual. *Acción Psicológica*, 16(2), 103-118. Obtenido de <https://media.proquest.com/media/hms/PFT/1/itI5G?s=h%2BVlgPqRZxg0QP5SeTuLx2%2FmMck%3D>

Johnson, K. T., & Picard, R. W. (2017). *SPRING: Customizable, Motivation-Driven Technology for Children with Autism or Neurodevelopmental Differences*. Proceedings of the 2017 Conference on Interaction Design and Children, (pp. 149–158). <https://doi.org/10.1145/3078072.3079718>

Jones, W., Carr, K., & Klin, A. (2008). Absence of preferential looking to the eyes of approaching adults predicts level of social disability in 2-year-old toddlers with autism spectrum disorder. *Archives of general psychiatry*, 65(8), 946-954. <https://doi.org/10.1001/archpsyc.65.8.946>

Joseph, R. M., Ehrman, K., McNally, R., & Keehn, B. (2008). Affective response to eye contact and face recognition ability in children with ASD. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 14(6), 947-955. <https://doi.org/10.1017/S1355617708081344>

Kaartinen, M., Puura, K., Mäkelä, T., Rannisto, M., Lemponen, R., Helminen, M., Salmelin R., Himanen S-L., & Hietanen, J. K. (2012). Autonomic arousal to direct gaze correlates with social impairments among children with ASD. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 49(9), 1917-1927. <https://doi.org/10.1007/s10803-011-1435-2>

Kandalajt, M. R., Didehbani, N., Krawczyk, D. C., Allen, T. T., & Chapman, S. B. (2013). Virtual reality social cognition training for young adults with high-functioning autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 43(1), 34–44. doi: <https://doi.org/10.1007/s10803-012-1544-6>

Kanner, L. (1943). Autistic disturbances of affective contact [archivo PDF]. *Nervouschild*, 2(3), 217-250. Obtenido de [http://mail.neurodiversity.com/library/kanner\\_1943.pdf](http://mail.neurodiversity.com/library/kanner_1943.pdf)

Kaplan, A. M., & Haenlein, M. (2009). The fairyland of Second Life: Virtual social worlds and how to use them. *Business Horizons*, 52(6), 563-572. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2009.07.002>

Ke, F., & Im, T. (2013). Virtual-reality-based social interaction training for children with high-functioning autism. *The Journal of Educational Research*, 106(6), 441-461. <https://doi.org/10.1080/00220671.2013.832999>

Kern, J. K., Trivedi, M. H., Garver, C. R., Grannemann, B. D., Andrews, A. A., Savla, J. S., Johnson D.G., Mehta, J.A., Jennifer L., & Schroeder, J. L. (2006). The pattern of sensory processing abnormalities in autism. *Autism*, 10(5), 480–494. <https://doi.org/10.1177/1362361306066564>

Key, A. P., & Stone, W. L. (2012). Same but different: 9-month-old infants at average and high risk for autism look at the same facial features but process them using different brain mechanisms. *Autism Research*, 5(4), 253-266. <https://doi.org/10.1002/aur.1231>

Kleinke, C. L. (1986). Gaze and eye contact: A research review. *Psychological Bulletin*, 100(1), 78–100. doi: <https://doi.org/10.1037/0033-2909.100.1.78>

Klin, A., Jones, W., Schultz, R., Volkmar, F., & Cohen, D. (2002). Visual fixation patterns during viewing of naturalistic social situations as predictors of social competence

in individuals with autism. *Archives of general psychiatry*, 59(9), 809-816. <https://doi.org/10.1001/archpsyc.59.9.809>

Kovarski, K., Siwiaszczyk, M., Malvy, J., Batty, M., & Latinus, M. (2019). Faster eye movements in children with autism spectrum disorder. *Autism Research*, 12(2), 212-224. <https://doi.org/doi:10.1002/aur.2054>

Kowallik, A. E., & Schweinberger, S. R. (2019). Sensor-Based Technology for Social Information Processing in Autism: A Review. *Sensors*, 19(21), 212-224. <https://doi.org/doi:10.1002/aur.2054>

Kylliäinen, A., & Hietanen, J. K. (2006). Skin conductance responses to another person's gaze in children with autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 36(4), 517-525. <https://doi.org/10.1007/s10803-006-0091-4>

Kylliäinen, A., Wallace, S., Coutanche, M. N., Leppänen, J. M., Cusack, J., Bailey, A. J., & Hietanen, J. K. (2012). Affective–motivational brain responses to direct gaze in children with autism spectrum disorder. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 53(7), 790-797. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2011.02522.x>

Lahiri, U., Bekele, E., Dohrmann, E., Warren, Z., & Sarkar, N. (2012, September 27). Design of a virtual reality based adaptive response technology for children with autism. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 21(1), (p. 55-64). <https://doi.org/10.1109/TNSRE.2012.2218618>

Lane, H. (1977). The wild boy of Aveyron. *Psychological Medicine*, 8(1), 170-170. <https://doi.org/10.1017/S0033291700006863>

Langton, S. R., Watt, R. J., & Bruce, I. I. (2000). Do the eyes have it? Cues to the direction of social attention. *Trends in Cognitive Sciences*, 4(2), 50-59. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(99\)01436-9](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(99)01436-9)

Leekam, S. R., Nieto, C., Libby, S. J., Wing, L., & Gould, J. (2007). Describing the sensory abnormalities of children and adults with autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 37(5), 894-910. <https://doi.org/10.1007/s10803-006-0218-7>

Legiša, J., Messinger, D. S., Kermol, E., & Marlier, L. (2013). Emotional responses to odors in children with high-functioning autism: autonomic arousal, facial behaviour and self-report. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 43(4), 869-879. <https://doi.org/10.1007/s10803-012-1629-2>

Lieberman, M. D. (2010). Social cognitive neuroscience. In S.T. Fiske, D.T. Gilbert, G. Lindzey (Ed.), *Handbook of Social Psychology*, (5th ed., vol. 1, pp. 143–193). John Wiley & Sons. Obtenido de <https://static1.squarespace.com/static/57265384b09f951c90d0fed2/t/59f897200846655cecec7e02/1509463842500/Lieberman-Hanbook-2010+%281%29.pdf>

Loomis, J. M., Blascovich, J. J., & Beall, A. C. (1999). Immersive virtual environment technology as a basic research tool in psychology. *Behavior research methods, instruments, & computers*, 31(4), 557-564. <https://doi.org/10.3758/BF03200735>

Lord, C., Luyster, R. J., Gotham, K. & Guthrie, W. (2015). *Escala de Observación para el Diagnóstico del Autismo-2*. Manual (Parte II): Módulo T. (T. Luque, Trad.) Madrid: TEA Ediciones.

Lord, C., Rutter, M., DiLavore, P. C., Risi, S., Gotham, K. & Bishop, S. L. (2015). *ADOS-2. Escala de Observación para el Diagnóstico del Autismo - 2*. Manual (Parte I): Módulos 1-4. (T. Luque, Trad.) Madrid: TEA.

Lord, C., Rutter, M., & Le Couteur, A. (1994). Autism Diagnostic Interview-Revised: a revised version of a diagnostic interview for caregivers of individuals with possible pervasive developmental disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 24(5), 659-685. <https://doi.org/10.1007/BF02172145>

Lord, C., Rutter, M., Goode, S., Heemsbergen, J., Jordan, H., Mawhood, L., & Schopler, E. (1989). Autism diagnostic observation schedule: A standardized observation of communicative and social behavior. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 19(2), 185-212. <https://doi.org/10.1007/BF02211841>

Loth, E., Spooren, W., Ham, L. M., Isaac, M. B., Auriche-Benichou, C., Banaschewski, T., Baron-Cohen S., Broich K., Bölte S., Bourgeron T., Collier D., de Andres-Trelles F., Durston S., Ecker C., Elferink A., Haberkamp M., Hemmings R., Johnson M.H., Jones E.J. H., Khwaja O.S., ... & Murphy D.G.M., (2017). Identification and validation of biomarkers for autism spectrum disorders. *Nature Reviews Drug Discovery*, 15(1), 70. <https://doi.org/10.1038/nrd.2015.7>

Lorenzo, G., Lledó, A., Pomares, J., & Roig, R. (2016). Design and application of an immersive virtual reality system to enhance emotional skills for children with autism spectrum disorders. *Computers & Education*, 98, 192-205. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.03.018>

Louwerse, A., Van der Geest, J. N., Tulen, J. H. M., Van der Ende, J., Van Gool, A. R., Verhulst, F. C., & Greaves-Lord, K. (2013). Effects of eye gaze directions of facial images on looking behaviour and autonomic responses in adolescents with autism spectrum disorders. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 7(9). <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2013.04.013>

Louwerse, A., Van Der Geest, J. N., Tulen, J. H. M., Van der Ende, J., Van Gool, A. R., Verhulst, F. C., & Greaves-Lord, K. (2013). Effects of eye gaze directions of facial images on looking behaviour and autonomic responses in adolescents with autism spectrum disorders. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 7(9), 1043-1053. <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2013.04.013>

Lovaas, O. I. (1987). Behavioral treatment and normal educational and intellectual functioning in young autistic children. *Journal of consulting and clinical psychology*, 1(3), 55. doi: <https://doi.org/10.1037/0022-006X.55.1.3>

Lozano-Martínez, J., Ballesta-Pagán, F. J., & Alcaraz-García, S. (2011). Software for teaching emotions to students with Autism Spectrum Disorder. *Revista Comunicar*, 18(36), 139-148. <https://doi.org/10.3916/C36-2011-03-05>

Lydon, S., Healy, O., Reed, P., Mulhern, T., Hughes, B. M. & Goodwin, M. S. (2014). A systematic review of physiological reactivity to stimuli in autism. *Developmental Neurorehabilitation*, 19(6), 335-355. <https://doi.org/10.3109/17518423.2014.971975>

Marín-Morales, J., Torrecilla-Moreno, C., Guixeres Provinciale, J., & Llinares Millán, M. D. C. (2017). Methodological bases for a new platform for the measurement of human behaviour in virtual environments. *DYNA Ingeniería e Industria*, 92(1), 34-38. <https://doi.org/10.6036/7963>

Martínez, J. L., Pagán, F. J. B., García, S. A., & Máiquez, M. C. (2014). Las tecnologías de la información y comunicación (TIC) en el proceso de enseñanza y aprendizaje del alumnado con trastorno del espectro autista (TEA) [archivo PDF]. *Revista Fuentes*, 14, 193-208. [https://www.researchgate.net/profile/Javier\\_Pagan/publication/263714315\\_Las\\_tecnologias\\_de\\_la\\_informacion\\_y\\_comunicacion\\_TIC\\_en\\_el\\_proceso\\_de\\_ensenanza\\_y\\_aprendizaje\\_del\\_alumnado\\_con\\_trastorno\\_del\\_espectro\\_autista\\_TEA/links/0f31753bbc9f03d65f000000/Las-te](https://www.researchgate.net/profile/Javier_Pagan/publication/263714315_Las_tecnologias_de_la_informacion_y_comunicacion_TIC_en_el_proceso_de_ensenanza_y_aprendizaje_del_alumnado_con_trastorno_del_espectro_autista_TEA/links/0f31753bbc9f03d65f000000/Las-te)

Maskey, M., Lowry, J., Rodgers, J., McConachie, H., & Parr, J. R. (2014). Reducing specific phobia/fear in young people with autism spectrum disorders (ASDs) through a virtual reality environment intervention. *PloS one*, 9(7). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0100374>

McCarthy, C., Pradhan, N., Redpath, C. & Adler, A. (2016, May 29-31). *Validation of the Empatica E4 wristband*. EEE EMBS International Student Conference (ISC), (pp. 1-4). Ottawa, ON, Canada. (pp. 1-4). doi: <https://doi.org/10.1109/EMBSISC.2016.7508621>

McCormick, C., Hessel, D., Macari, S. L., Ozonoff, S., Green, C., & Rogers, S. J. (2014). Electrodermal and behavioural responses of children with autism spectrum disorders to sensory and repetitive stimuli. *Autism Research*, 7(4), 468-480. doi: <https://doi.org/10.1002/aur.1382>

McCoy, A., Holloway, J., Healy, O., Rispoli, M., & Neely, L. (2016). A systematic review and evaluation of video modeling, role-play and computer-based instruction as social skills interventions for children and adolescents with high-functioning autism. *Review Journal of Autism and Developmental Disorders*, 3(1), 48-67. doi: <https://doi.org/10.1007/s40489-015-0065-6>

McDiarmid, T. A., Bernardos, A. C., & Rankin, C. H. (2017). Habituation is altered in neuropsychiatric disorders—A comprehensive review with recommendations for experimental design and analysis. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 80, 286-305. doi: <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2017.05.028>

Michel, P. (2004, Junary). The use of technology in the study, diagnosis and treatment of autism. *Final term Paper for CSC350: Autism and Associated Developmental Disorders*, (pp 1-26). Obtenido de <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.61.1762&rep=rep1&type=pdf>

Meltzoff, A. (1993). The role of imitation in understanding persons and developing a theory of mind. *Understanding other minds: Perspectives from autism*, 335-366.

Mesa-Gresa, P., Gil-Gómez, H., Lozano-Quilis, J. A., & Gil-Gómez, J. A. (2018). Effectiveness of virtual reality for children and adolescents with autism spectrum disorder: An evidence-based systematic review. *Sensors* (Switzerland), 18(8). doi: <https://doi.org/10.3390/s18082486>

Moore, D., Cheng, Y., McGrath, P., & Powell, N. J. (2005). Collaborative virtual environment technology for people with autism. *Focus on autism and other developmental disabilities*, 20(4), 231-243. doi: <https://doi.org/10.1177/10883576050200040501>

Murray, L., & Barnes, A. (1998). Beyond the “wow” factor - Evaluating multimedia language learning software from a pedagogical viewpoint. *System*, 26(2), 249–259. doi: [https://doi.org/10.1016/S0346-251X\(98\)00008-6](https://doi.org/10.1016/S0346-251X(98)00008-6)

Nakano, T., Endo Y., Yamane Y., Yamamoto T., Nakano, Y., Ohta H., Kato N., & Kitazawa, S. (2010). Atypical gaze patterns in children and adults with autism spectrum disorders dissociated from developmental changes in gaze behaviour. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 277(1696), (pp. 2935-2943). doi: <https://doi.org/10.1098/rspb.2010.0587>

Newbutt, N., Bradley, R., & Conley, I. (2019). Effectiveness of virtual reality for children and adolescents with autism spectrum disorder: an evidence-based systematic review. *Cyberpsychology, Behavior and Social Networking*, 23(1), 23–33. doi: <https://doi.org/10.1089/cyber.2019.0206>

Norbury, C. F., Brock, J., Cragg, L., Einav, S., Griffiths, H., & Nation, K. (2009). Eye-movement patterns are associated with communicative competence in autistic spectrum disorders. *Journal of child psychology and psychiatry*, 7, 834-842. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2009.02073.x>

Noris, B., Barker, M., Nadel, J., Hentsch, F., Ansermet, F., & Billard, A. (2011, 30 August-3 Septembre). *Measuring gaze of children with autism spectrum disorders in naturalistic interactions*. Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society Boston, MA, USA, (pp. 5356-5359). doi: <https://doi.org/10.1109/IEMBS.2011.6091325>

Ohta, M. (1987). Cognitive disorders of infantile autism: A study employing the WISC, spatial relationship conceptualization, and gesture imitations. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 17(1), 45-62. doi: <https://doi.org/10.1007/BF01487259>

Olley, J. G. (1986). The TEACCH curriculum for teaching social behaviour to children with autism. In E., Schopler, G.B., Mesibov (Eds), *Social Behavior in Autism. Current Issues in Autism*. Boston: Springer. doi: [https://doi.org/10.1007/978-1-4899-2242-7\\_17](https://doi.org/10.1007/978-1-4899-2242-7_17)

Olmos, E., Cavalcanti, J. F., Soler, J. L., Contero, M., & Alcañiz, M. (2017). Mobile virtual reality: A promising technology to change the way we learn and teach. In S., Yu M., Ally & A., Tsinakos, *Mobile and ubiquitous learning*. Perspectives on Rethinking and Reforming Education (pp. 95-106). Springer, Singapore. doi: [https://doi.org/10.1007/978-981-10-6144-8\\_6](https://doi.org/10.1007/978-981-10-6144-8_6)

Olmos-Raya, E., Martínez, A., Sousa, N., & Raya, M. (2018, September 9-10). *Implicit Responses for Assessment of Autism Based on Natural Behaviors Obtained Inside Immersive Virtual Environment*. International Journal of Medical and Health Sciences, London, United Kindom, (pp. 502–509). Obtenido de <https://publications.waset.org/10009645/implicit-responses-for-assessment-of-autism-based-on-natural-behaviors-obtained-inside-immersive-virtual-environment>

O'Neill, M., & Jones, R. S. (1997). Sensory-perceptual abnormalities in autism: a case for more research? *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 27(3), 283-293. <https://doi.org/10.1023/A:1025850431170>

Palkovitz, R. J., & Wiesenfeld, A. R. (1980). Differential autonomic responses of autistic and normal children. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 10(3), 347-360. doi: <https://doi.org/10.1007/BF02408294>

Papagiannopoulou, E. A., Chitty, K. M., Hermens, D. F., Hickie, I. B., & Lagopoulos, J. (2014). A systematic review and meta-analysis of eye-tracking studies in children with autism spectrum disorders. *Social neuroscience*, 6, 610-632. doi: <https://doi.org/10.1080/17470919.2014.934966>

Parham, L. D., & Mailloux, Z. (2001). Sensory integration. In J. Case-Smith (Ed.), *Occupational therapy for children* (4th ed., pp. 329–381). St. Louis: Mosby

Parsons, S. (2016). Authenticity in Virtual Reality for assessment and intervention in autism: A conceptual review. *Educational Research Review*, 19, 138-157. doi: <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2016.08.001>

Parsons, S., Beardon, L., Neale, H. R., Reynard, G., Eastgate, R., Wilson, J. R., Cobb, SCG., Benford, SD., Mitchell, P., & Hopkins, E. (2000, September). *Development of social skills amongst adults with Asperger's Syndrome using virtual environments: the 'AS Interactive' project*. Proceeding The 3rd International Conference on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies (ICDVRA). Alghero, Italy, (pp. 23-25). Obtenido de <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.112.2969>

Parsons, S., Leonard, A., & Mitchell, P. (2006). Virtual environments for social skills training: comments from two adolescents with autistic spectrum disorder. *Computers & Education*, 47(2), 186-206. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2004.10.003>

Parsons, S., Mitchell, P., & Leonard, A. (2004). The use and understanding of virtual environments by adolescents with autistic spectrum disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 34(4), 449-466. doi: <https://doi.org/10.1023/b:jadd.0000037421.98517.8d>

Paula Pérez, I., & Martos, J. M. P. (2009). Síndrome de Asperger y autismo de alto funcionamiento: comorbilidad con trastornos de ansiedad y del estado de ánimo. *Revista de Neurología*, 48(2), 31-34. doi: <https://doi.org/10.33588/rn.48S02.2008702>

Paula Pérez, I., & Martos, J. M. P. (2011). Una aproximación a las funciones ejecutivas en el trastorno del espectro autista. *Revista de Neurología*, 52(1), 147-153. Obtenido de <https://www.aspergeraragon.org.es/wordpress/wp-content/uploads/2017/01/Una-aproximacion-a-las-funciones.pdf>

Pellicano, E., Dinsmore, A., & Charman, T. (2017). What should autism research focus upon? Community views and priorities from the United Kingdom. *Autism*, 18(7), 756-770. doi: <https://doi.org/10.1177/1362361314529627>

Pelphrey, K. A., Sasson, N. J., Reznick, J. S., Paul, G., Goldman, B. D., & Piven, J. (2002). Visual scanning of faces in autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 32(4), 249-261. doi: <https://doi.org/10.1023/A:1016374617369>

Pennebaker, J. W., & Chew, C. H. (1985). Behavioural inhibition and electrodermal activity during deception. *Journal of personality and social psychology*, 49(5), 1427-1433. doi: <https://doi.org/10.1037/0022-3514.49.5.1427>

Perhakaran, G., Yusof, A. M., Rusli, M. E., Yusoff, M. Z. M., Mahidin, E. M. M., Mahalil, I., & Zainuddin, A. R. R. (2015, November). *SnoezelenCAVE: Virtual reality CAVE Snoezelen framework for Autism spectrum disorders*. International Visual Informatics Conference. Springer, Cham. (pp. 443-453). doi:<https://doi.org/10.1007/978-3-319-25939-0>

Pfeiffer, U. J., Vogeley, K., & Schilbach, L. (2013). From gaze cueing to dual eye-tracking: novel approaches to investigate the neural correlates of gaze in social interaction. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 37(10), 2516-2528. doi: <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2013.07.017>

Picard, R. W., & Klein, J. (2002). Computers that recognise and respond to user emotion: theoretical and practical implications. *Interacting with computers*, 14(2), 141-169. doi: [https://doi.org/10.1016/S0953-5438\(01\)00055-8](https://doi.org/10.1016/S0953-5438(01)00055-8)

Premack, D., & Woodruff, G. (1978). Does the chimpanzee have a theory of mind? *Behavioral and brain sciences*, 1(4), 515-526. doi: <https://doi.org/10.1017/S0140525X00076512>

Prince, E. B., Kim, E. S., Wall, C. A., Gisin, E., Goodwin, M. S., Simmons, E. S., Chawarska, K., & Shic, F. (2017). The relationship between autism symptoms and arousal level in toddlers with autism spectrum disorder, as measured by electrodermal activity. *Autism*, 21(4), 504-508. doi: <https://doi.org/10.1177/1362361316648816>

Rey, B., Alcañiz, M., Tembl, J., & Parkhutik, V. (2010). Brain activity and presence: a preliminary study in different immersive conditions using transcranial Doppler monitoring. *Virtual Reality*, 14(1), 55-56. doi: <https://doi.org/10.1007/s10055-009-0141-2>

Riby, D. M., Whittle, L., & Doherty-Sneddon, G. (2012). Physiological reactivity to faces via live and video-mediated communication in typical and atypical development. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 34(4), 385-395. doi: <https://doi.org/10.1080/13803395.2011.645019>

Ritvo, S., & Provence, S. (1953). Form perception and imitation in some autistic children: Diagnostic findings and their contextual interpretation. *The Psychoanalytic study of the child*, 8(1), 155-161. doi: <https://doi.org/10.1080/00797308.1953.11822766>

Rivière, A. (2001). *Autismo. Orientaciones para la intervención educativa. Cómo potenciar la comunicación en el alumnado con trastorno del espectro autista*. Madrid: Trotta. SA.

Rizzolatti, G., & Sinigaglia, C. (2006). *Las neuronas espejo. Los mecanismos de la empatía emocional.* (Moreno Carrillo B., Trad.) Barcelona: Paidós.

Rogers, S. J. (1999). An examination of the imitation deficit in autism. In J., Nadel & G., Butterworth (Eds.), *Cambridge studies in cognitive perceptual development. Imitation in infancy* (pp. 254–283). Cambridge University Press.

Rogers, S. L., Speelman, C. P., Guidetti, O., & Longmuir, M. (2018). Using dual eye tracking to uncover personal gaze patterns during social interaction. *Scientific reports*, 8(1). doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-018-22726-7>

Roid, G. H., & Sampers, J. L. (2011). *MP: Merrill-Palmer-R: escalas de desarrollo.* (D. Arribas, Santamaría, P. Sánchez, F., & Fernández-Pinto, I, Trads.) Madrid: TEA Ediciones.

Rosenberg, R. S., Baughman, S. L., & Bailenson, J. N. (2013). Virtual superheroes: Using superpowers in virtual reality to encourage prosocial behavior. *PloS one*, 8(1). doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0055003>

Rosenthal, U., Johansson, E., & Gillberg, C. (1988). Oculomotor findings in autistic children. *The Journal of Laryngology & Otology*, 102(5), 435-439. doi: <https://doi.org/10.1017/s0022215100105286>

Rutter, M. (1978). Diagnosis and definition of childhood autism. *Journal of autism and childhood schizophrenia*, 139-161. doi: <https://doi.org/10.1007/BF01537863>

Rutter, M., Le Couteur, A., & Lord, C. (2003). *Autism diagnostic interview-revised.* Los Angeles, CA: Services, Western Psychological.

Rutter, M., Le Couteur, A., & Lord, C. (2006). ADOS-2: *Entrevista para el diagnóstico del autismo-revisada.* (V., Nanclares-Nogués, A., Cordero & P., Santamaría, Trad.) Madrid: TEA Ediciones.

Sahin, M., & Sur, M. (2015). Genes, circuits, and precision therapies for autism and related neurodevelopmental disorders. *Science*, 350(6263). doi: <https://doi.org/10.1126/science.aab3897>

Scassellati, B., Admoni, H., & Matarić, M. (2012). Robots for use in autism research. *Annual review of biomedical engineering*, 14, 275-294. doi: <https://doi.org/10.1146/annurev-bioeng-071811-150036>

Schaaf, R. C., Benevides, T. W., Leiby, B. E., & Sendekki, J. A. (2015). Autonomic dysregulation during sensory stimulation in children with autism spectrum disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 45(2), 461-472. doi: <https://doi.org/10.1007/s10803-013-1924-6>

Schmidt, M., Laffey, J. M., Schmidt, C. T., Wang, X., & Stichter, J. (2012). Developing methods for understanding social behavior in a 3D virtual learning environment. *Computers in Human Behavior*, 28(2), 405-413. doi: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2011.10.011>

Schoen, S. A., Miller, L. J., Brett-Green, B. A., & Nielsen, D. M. (2009). Physiological

and behavioral differences in sensory processing: A comparison of children with autism spectrum disorder and sensory modulation disorder. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 3(9). doi: <https://doi.org/10.3389/neuro.07.029.2009>

Schoen, S. A., Miller, L. J., Brett-Green, B., & Hepburn, S. L. (2008). Psychophysiology of children with autism spectrum disorder. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 3, 417-429. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2007.09.002>

Schopler, E., Reichler, R. J., & Renner, B. R. (1988). *The Childhood Autism Rating Scale*. Los Angeles, CA: Western Psychological Services.

Schopler, E., Reichler, R. J., DeVellis, R. F., & Daly, K. (1980). Toward objective classification of childhood autism: Childhood Autism Rating Scale (CARS). *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 10, 91-103. doi: <https://doi.org/10.1007/BF02408436>

Self, T., Scudder, R. R., Weheba, G., & Crumrine, D. (2007). A virtual approach to teaching safety skills to children with autism spectrum disorder. *Topics in Language disorders*, 27(3), 242-253. doi: <https://doi.org/10.1097/01.TLD.0000285358.33545.79>

Shalom, D. B., Mostofsky, S. H., Hazlett, R. L., Goldberg, M. C., Landa, R. J., Faran, McLeod D. R., & Hoehn-Saric, R. (2006). Normal physiological emotions but differences in expression of conscious feelings in children with high-functioning autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 36(3), 395-400. doi: <https://doi.org/10.1007/s10803-006-0077-2>

Shane, H. C., Laubscher, E. H., Schlosser, R. W., Flynn, S., Sorce, J. F., & Abramson, J. (2012). Applying technology to visually support language and communication in individuals with autism spectrum disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 42(6), 1228-1235. doi: <https://doi.org/10.1007/s10803-011-1304-z>

Shic, F., Bradshaw, J., Klin, A., Scassellati, B., & Chawarska, K. (2011). Limited activity monitoring in toddlers with autism spectrum disorder. *Brain research*, 246-254. doi: <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2010.11.074>

Slater, M. (2009). Place illusion and plausibility can lead to realistic behaviour in immersive virtual environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1535), 3549-3557. doi: <https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0138>

Slater, M., & Usoh, M. (1994). Body centred interaction in immersive virtual environments [archivo PDF]. In N. Magnenat-Thalmann & D. Thalmann, *Artificial life and virtual reality*, (pp. 125-148). Obtenido de <https://www.cise.ufl.edu/research/lok/teaching/ve-s07/papers/bci.pdf>

Slater, M., Guger, C., Edlinger, G., Leeb, R., Pfurtscheller, G., Antley, A., Garau, M., Brogni A., Friedman D., & Friedman, D. (2006). Analysis of physiological responses to a social situation in an immersive virtual environment. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 15(5), 553-569. Obtenido de <https://www.mitpressjournals.org/doi/abs/10.1162/pres.15.5.553>

Sohn, J. H., Sokhadze, E., & Watanuki, S. (2001). Electrodermal and cardiovascular manifestations of emotions in children. *Journal of physiological anthropology and applied*

*human science*, 20(2), 55-64. doi: <https://doi.org/10.2114/jpa.20.55>

Speer, L. L., Cook, A. E., McMahon, W. M., & Clark, E. (2007). Face processing in children with autism: Effects of stimulus contents and type. *Autism*, 11(3), 265-277. doi: <https://doi.org/10.1177/1362361307076925>

Spezio, M. L., Adolphs, R., Hurley, R. S., & Piven, J. (2007). Abnormal use of facial information in high-functioning autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 37(5), 929-939. doi: <https://doi.org/10.1007/s10803-006-0232-9>

Spitzer, R. L., Endicott, J., & Robins, E. (1978). Research diagnostic criteria: rationale and reliability. *Archives of general psychiatry*, 35(6), 773-782. doi: <https://doi.org/10.1001/archpsyc.1978.01770300115013>

Stagg, S. D., Davis, R., & Heaton, P. (2013). Associations between language development and skin conductance responses to faces and eye gaze in children with autism spectrum disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 43(10), 2303-2311. doi: <https://doi.org/10.1007/s10803-013-1780-4>

Stanley-Cary, C., Rinehart, N., Tonge, B., White, O., & Fielding, J. (2011). Greater disruption to control of voluntary saccades in autistic disorder than Asperger's disorder: evidence for greater cerebellar involvement in autism? *The Cerebellum*, 10, 70-80. doi: <https://doi.org/10.1007/s12311-010-0229-y>

Stevens, S., & Gruzelier, J. (1984). Electrodermal activity to auditory stimuli in autistic, retarded, and normal children. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 14(4), 245-260. doi: <https://doi.org/10.1007/BF02409577>

Stichter, J. P., Laffey, J., Galyen, K., & Herzog, M. (2014). iSocial: Delivering the social competence intervention for adolescents (SCI-A) in a 3D virtual learning environment for youth with high functioning autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 44(2), 417-430. doi: <https://doi.org/10.1007/s10803-013-1881-0>

Strickland, D. (1997). Virtual reality for the treatment of autism. In G. Riva (Ed.), *Virtual Reality in Neuro-Psycho-Physiology* (vol. 44, pp. 81 - 86). IOS press.

Strickland, D. C., McAllister, D., Coles, C. D., & Osborne, S. (2007). An evolution of virtual reality training designs for children with autism and fetal alcohol spectrum disorders. *Topics in language disorders*, 27(3), 226. doi: <https://doi.org/10.1097/01.TLD.0000285357.95426.72>

Tartaro, A., & Cassell, J. (2006, August 17). *Authorable virtual peers for autism spectrum disorders*. Proceedings of the 17th European Conference on Artificial Intelligence, Riva del Garda, Italy. Obtenido de [http://cs.union.edu/~cassa/tartaroa/pdfs/Tartaro2006\\_AuthorableVirtualPeersForAutismSpectrumDisorders.pdf](http://cs.union.edu/~cassa/tartaroa/pdfs/Tartaro2006_AuthorableVirtualPeersForAutismSpectrumDisorders.pdf)

Tobii, A. B. (2017). *Tobii pro glasses 2: User manual*. Tobii AB. Obtenido de <https://www.tobii.com/siteassets/tobii-pro/user-manuals/tobii-pro-glasses-2-user-manual.pdf>

Tseng, R. Y., & Do, E. Y. L. (2011). The role of information and computer technology for children with autism spectrum disorder and the facial expression wonderland.

*International Journal of Computational Models and Algorithms in Medicine (IJCMAM)*, 2(2), 23-41. doi: <https://doi.org/10.4018/jcmam.2011040102>

Tuchman, R. F. (2013). Deconstructing autism spectrum disorders: clinical perspective. *Revista de neurologia*, 56, S3-12.

Uzgiris, I. C., & Hunt, J. M. (1975). Assessment in infancy: *Ordinal scales of psychological development*. University of Illinois Press.

Valenza, G., & Scilingo, E. P. (2014). *Autonomic Nervous System Dynamics for Mood and Emotional-State Recognition. Significant Advances in Data Acquisition, Signal Processing and Classification*. New York, USA.: Springer.

Van Der Geest, J. N., Kemner, C., Verbaten, M. N., & Van Engeland, H. (2002). Gaze behavior of children with pervasive developmental disorder toward human faces: a fixation time study. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*. 43(5), 669-678. doi: <https://doi.org/10.1111/1469-7610.00055>

Van Engeland, H. (1984). The electrodermal orienting response to auditive stimuli in autistic children, normal children, mentally retarded children, and child psychiatric patients. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 14(3), 261–279. doi: <https://doi.org/10.1007/BF02409578>

Van Engeland, H., Roelofs, J. W., Verbaten, M. N., & Slangen, J. L. (1991). Abnormal electrodermal reactivity to novel visual stimuli in autistic children. *Psychiatry Research*, 38(1), 27-38. doi: [https://doi.org/10.1016/0165-1781\(91\)90050-Y](https://doi.org/10.1016/0165-1781(91)90050-Y)

Venables, P.H., Christie, M. J. (1980). Electrodermal activity. In P.H. Martin & Venables I. Edits.), *Techniques in Psychophysiology*. New York, USA: Wiley & So, (pp. 3–67).

Vidal, M., Turner, J., Bulling, A., & Gellersen, H. (2012). Wearable eye tracking for mental health monitoring. *Computer Communications*, 35(11), 1306-1311. doi: <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2011.11.002>

Vivanti, G., & Dissanayake, C. (2014). Propensity to imitate in autism is not modulated by the model's gaze direction: An eye-tracking study. *Autism Research*, 7(3), 392-399. doi: <https://doi.org/10.1002/aur.1376>

Vivanti, G., Trembath, D., & Dissanayake, C. (2014). Mechanisms of imitation impairment in autism spectrum disorder. *Journal of Abnormal Child Psychology*, 42(8), 1395-1405. doi: <https://doi.org/10.1007/s10802-014-9874-9>

Volkmar, F. R., & McPartland, J. C. (2014). From Kanner to DSM-5: autism as an evolving diagnostic concept. *Annual review of clinical psychology*, 10, 193-212. doi: <https://doi.org/doi:10.1146/annurev-clinpsy-032813-153710>

Volkmar, F. R., Cohen, D. J., & Paul, R. (1986). An evaluation of DSM-III criteria for infantile autism. *Journal of the American Academy of Child Psychiatry*, 25(2), 190-197. doi: [https://doi.org/10.1016/S0002-7138\(09\)60226-0](https://doi.org/10.1016/S0002-7138(09)60226-0)

Wagner, J. B., Hirsch, S. B., Vogel-Farley, V. K., Redcay, E., & Nelson, C. A. (2013). Eye-tracking, autonomic, and electrophysiological correlates of emotional face processing in adolescents with autism spectrum disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 43(1), 188-199. doi: <https://doi.org/10.1007/s10803-012-1565-1>

Wass, S. V., & Porayska-Pomsta, K. (2014). The uses of cognitive training technologies in the treatment of autism spectrum disorders. *Autism*, 18(8), 851-871. doi: <https://doi.org/10.1177/1362361313499827>

Watanabe, S., Miki, K., & Kakigi, R. (2002). Gaze direction affects face perception in humans. *Neuroscience letters*, 325(3), 163-166. doi: [https://doi.org/10.1016/S0304-3940\(02\)00257-4](https://doi.org/10.1016/S0304-3940(02)00257-4)

Whiten, A., Custance, D. M., Gomez, J.-C., Teixidor, P., & Bard, K. A. (1996). Imitative learning of artificial fruit processing in children (*Homo sapiens*) and chimpanzees (*Pan troglodytes*). *Journal of Comparative Psychology*, 110(1), 3-14. doi: <https://doi.org/10.1037/0735-7036.110.1.3>

Wicker, B., Monfardini, E., & Royet, J. P. (2016). Olfactory processing in adults with autism spectrum disorders. *Molecular Autism*, 7(1), 1-11. doi: <https://doi.org/10.1186/s13229-016-0070-3>

Williams, J. H., Whiten, A., Suddendorf, T., & Perrett, D. I. (2001). Imitation, mirror neurons and autism. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 25(4), 287-295. doi: [https://doi.org/10.1016/S0149-7634\(01\)00014-8](https://doi.org/10.1016/S0149-7634(01)00014-8)

Williams, Justin H.G., Whiten, A., & Singh, T. (2004). A systematic review of action imitation in autistic spectrum disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 285-299. doi: <https://doi.org/10.1023/B:JADD.0000029551.56735.3a>

Wilson, C. E., Brock, J., & Palermo, R. (2010). Attention to social stimuli and facial identity recognition skills in autism spectrum disorder. *Journal of Intellectual Disability Research*, 54(12), 1104-1115. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2788.2010.01340.x>

Wing, L., & Gould, J. (1979). Severe impairments of social interaction and associated abnormalities in children: Epidemiology and classification. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 9(1), 11-29. doi: <https://doi.org/10.1007/BF01531288>

Witmer, B. G., & Singer, M. J. (1998). Measuring presence in virtual environments: A presence questionnaire. *Presence*, 7(3), 225-240. doi: <https://doi.org/10.1162/105474698565686>

Wolff, S. (2004). The history of autism. *European Child & Adolescent Psychiatry*, 4(13), 201-208. doi: <https://doi.org/10.1007/s00787-004-0363-5>

World Health Organization. (1992). *CIE 10: Trastornos mentales y del comportamiento: descripciones clínicas y pautas para el diagnóstico*. Madrid: MEDITOR.

Zahn, T. P., Rumsey, J. M., & Van Kammen, D. P. (1987). Autonomic nervous system activity in autistic, schizophrenic, and normal men: Effects of stimulus significance. *Journal of Abnormal Psychology*, 96(2), 135. doi: <https://doi.org/10.1037/0021-843X.96.2.135>

## **Anexo A**

Consentimiento Informado  
a las familias.

Estimad@ Sr/Sra;

Desde el Centro de Desarrollo Cognitivo Red Cenit conjuntamente con el Instituto de Investigación e Innovación en Bioingeniería (I3B) estamos desarrollando una investigación relacionada con la Evaluación de dispositivos de toma de medida psicofisiológica dentro de un entorno virtual, un proyecto concedido por el Ministerio de Industria bajo el nombre T-Room.

Esta investigación tiene como propósito la validación de la pulsera fisiológica, gafas de seguimiento de mirada y estudio del comportamiento corporal en niños de edades tempranas dentro de un entorno virtual inmersivo de alto valor ecológico. Con ello pretendemos evaluar de forma no invasiva las reacciones fisiológicas, visuales y corporales de los usuarios ante un estímulo. El niño llevará una pulsera en forma de reloj que mide pulso y sudoración de la piel y unas gafas de seguimiento de mirada. Dentro del entorno habrá un dispositivo Kinect y cámara de profundidad capaz de captar el movimiento. Dichas métricas se tomarán mientras juega dentro del entorno. En todo momento puede estar acompañado por un terapeuta o un miembro de su familia.

A través de este documento, le **solicitamos su autorización** para registrar la información de dicha experiencia **con fines exclusivos de investigación**, no quedando almacenada la información en ningún archivo más tiempo del necesario para obtener las conclusiones de las investigaciones. Los datos proporcionados y obtenidos quedarán almacenados en un fichero propiedad de CEDECO RED CENIT, S.L.

La participación es voluntaria y tiene el derecho de retirar el consentimiento de su hij@ para la participación en cualquier momento. Asimismo, podrá ejercer sus derechos de acceso, rectificación, cancelación u oposición al tratamiento mediante el formulario, adjuntando un documento identificativo, ante el Centro de Desarrollo Cognitivo Red Cenit, S.L. C/ Guardia Civil, 23-bajo - 46020 Valencia, España. Tel: +34 360 16 16. Dirección electrónica [secretaria@redcenit.com](mailto:secretaria@redcenit.com)

Terminado el período en el cual, los resultados del proyecto no requieran de su tratamiento, la información será anonimizada completamente y sólo será tratada globalmente y en términos estadísticos con fines de investigación.

**GRACIAS POR SU COLABORACIÓN**

D./Dña. \_\_\_\_\_, con nº NIF \_\_\_\_\_ he leído el procedimiento de Ratio en la página anterior. Se me ha informado sobre el objetivo del proyecto T-Room y voluntariamente doy mi consentimiento para que se puedan utilizar los datos de mi hijo/a \_\_\_\_\_ que proporciono en este documento y en los documentos que se anexan a continuación respecto a los estudios, así como que sean procesadas en el proyecto T-Roomy a que sean tratados por las personas que pertenecen a dicho Centro de Desarrollo Cognitivo para ese proyecto. He recibido copia de este documento.

Teléfono de contacto: \_\_\_\_\_

Correo electrónico de contacto: \_\_\_\_\_

Doy mi conformidad para que contacten para otros estudios: SI NO

Doy mi conformidad para que las imágenes sean expuestas en congresos: SI NO

Firma

#### ADVERTENCIA

La información proporcionada en esta autorización es de carácter privado y confidencial siendo para uso exclusivo del personal Centro de Desarrollo Cognitivo Red Cenit, S.L. Le informamos que su dirección de correo electrónico, así como el resto de los datos de carácter personal, de imagen y audio, podrían ser objeto de tratamiento automatizado en nuestros ficheros, con la finalidad de gestionar la agenda de contactos con fines de investigación del Centro de Desarrollo Cognitivo Red Cenit, S.L. Vd. podrá en cualquier momento ejercer sus derechos de acceso, rectificación, cancelación y oposición en los términos establecidos en la Ley Orgánica 15/1999 mediante notificación e Ratio a la siguiente dirección:

CEDECO Red Cenit, S.L.  
C/ Guardia Civil, 23-bajo, 46020 – Valencia, España

Valencia, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ del 20 \_\_\_\_

Nombre y Apellidos (padre, madre o tutor): \_\_\_\_\_

Nombre y Apellidos (participante): \_\_\_\_\_

Fecha de Nacimiento (participante): \_\_\_\_\_

Edad: \_\_\_\_\_

Centro de Terapia: \_\_\_\_\_

**Manifiesto:**

1. Que he sido informado suficientemente de los estudios y mediciones que recibirá mi hij@.
2. Que estoy de acuerdo y acepto libre y voluntariamente a que mi hij@ participe en esta investigación y me comprometo a seguir las preRatioipciones y a formalizar los cuestionarios que me indiquen.
3. Que he sido informado suficientemente de las condiciones de participación. Asimismo, me comprometo a **avisar con 12 horas de antelación de la cancelación de la asistencia** a un estudio concertado previamente.
4. Que, en función de esta opción libre, anteriormente mencionada, mi hij@ puede abandonar la investigación en el momento que quiera. De la misma forma, el investigador puede dar por finalizada la investigación si el solicitante no cumple un mínimo de pautas establecidas que posibiliten el estudio de forma adecuada.
5. Que, salvaguardando siempre el derecho a la intimidad y al anonimato de mi hij@, acepto que los datos que se puedan derivar del experimento puedan ser utilizados para la divulgación científica.

Padre/Madre o Tutor	Director de Red Cenit	Director del I3B

## CONSENTIMIENTO

**He leído y comprendo** la información precedente y todas mis preguntas recibieron una respuesta satisfactoria. Acepto las pautas para la comunicación por correo electrónico para el estudio y autorizo a los investigadores de dicho Centro a ponerse en contacto conmigo.

<b>Fecha</b>	<b>Firma del participante o representante legal</b>	<b>Relación (si no es el paciente)</b>

Dirección de correo electrónico del participante (en letra de imprenta):

Nombre del investigador \_\_\_\_\_

Nombre del terapeuta \_\_\_\_\_

Dirección de correo electrónico del centro: [secretaria@redcenit.com](mailto:secretaria@redcenit.com)

### Consentimiento de grabaciones en vídeo/audio

Valencia, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ del 20\_\_\_\_\_

**Nombre y Apellidos:** \_\_\_\_\_

Uno de los recursos que se utiliza es la grabación de las sesiones en vídeo y/o audio en las instalaciones de Red Cenit. Las grabaciones proporcionan una información muy valiosa que se utiliza para:

- El estudio del comportamiento humano.
- Obtención de conclusiones de los estudios que forma parte de las investigaciones.
- Validación por parte de expertos investigadores de las conclusiones obtenidas en los distintos estudios.

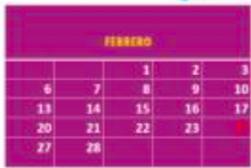
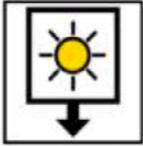
**MANIFIESTO:**

- Que he sido informado suficientemente de la utilización de las grabaciones de las sesiones de los estudios de las investigaciones en las que participará mi hij@.
- Que, salvaguardando siempre el derecho a la intimidad y al anonimato de mi hij@, estoy de acuerdo y acepto libre y voluntariamente la grabación en vídeo/ audio de las sesiones de investigación.
- Que, en función de esta opción libre, puedo cambiar mi opinión y pedir que no se lleve a cabo la grabación de las sesiones en el momento que quiera.

El interesado/a	Director de Red Cenit

# **Anexo B**

Anticipación



Hoy VIERNES a las  
**19:00**



**JAVIER va al Politécnico**



**JAVIER va al CAVE con...**



**JAVIER se pone la pulsera**



**JAVIER verá una peli**



**JAVIER se despide**



**JAVIER se va a casa**

## **Anexo C**

Tríptico con Información para la  
Captación Muestral.



MÁS INFORMACIÓN

[www.redcenit.com](http://www.redcenit.com)  
Tel.: 96 360 16 16



**RED CENIT**  
CENTROS DE DESARROLLO COGNITIVO

## PROYECTO T-ROOM

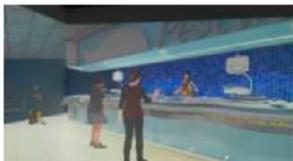
Entorno virtual inmersivo  
para el diagnóstico e  
intervención en autismo



Desde Red Cenit, Centros de Desarrollo Cognitivo, estamos llevando a cabo *una experiencia única en Valencia*.

Nuestro Sistema T-Room para evaluación y entrenamiento del Trastorno del Espectro Autista mediante entornos virtuales inmersivos, ha sido subvencionado por el Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI) y cofinanciado con Fondos Feder, siendo pioneros en Valencia en el uso de esta tecnología.

El T-Room emplea un Entorno Virtual Inmersivo, (un sistema de proyección en 3D ubicado dentro de una habitación), junto con medidas psicofisiológicas, con el fin de hallar biomarcadores que definan objetivamente la afección del TEA.



En este entorno los niños ven dos películas mientras se les estimula visual, auditiva y olfativamente, a la vez que "visten" una pulsera de actividad electrodermal y unas gafas de Eye Tracking (seguimiento de mirada).



De momento esta investigación ha conseguido discriminar con un 90% de precisión un niño TEA de uno normotípico, pero para que estas conclusiones sean robustas necesitamos aumentar el número de participantes y seguir investigando.

**¡ES POR ESO QUE BUSCAMOS VUESTRA COLABORACIÓN!**

## BUSCAMOS NIÑOS

Necesitamos niños que tengan entre 3 y 7 años y que estén dispuestos a ofrecernos un poco de su tiempo jugando para poder ayudar así a muchos otros.

Hemos programado 3 sesiones de 20 minutos y una de anticipación, respetando que se pongan aquellas herramientas con las que se sientan cómodos.

**¡Te esperamos!**

### INFORMACIÓN Y CITAS

Red Cenit (c/ Guardia Civil, 23 - Valencia).

Llámanos de 16:00 a 21:00 h. y te daremos cita por la tarde

**96 360 16 16 – 609 759 016**

*"Detrás de todos los avances siempre hay profesionales especializados, pero nada de esto"*



## **Anexo D**

Estudio nº1: Gráficas de dispersión  
*ADOS-2 y EDA*

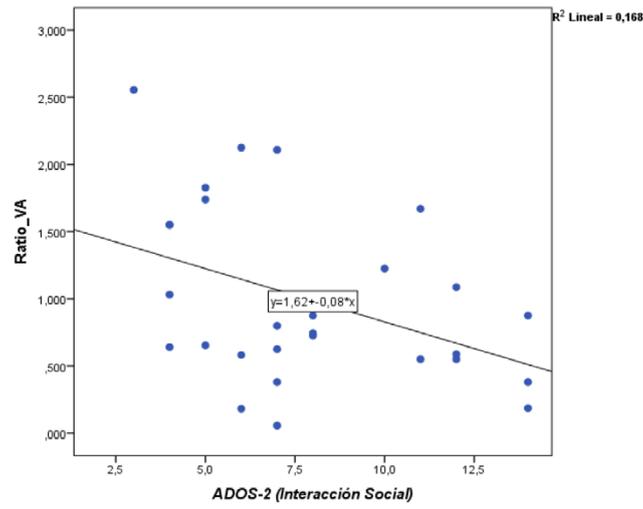


Figura 1: Gráfica de dispersión Ratio\_VA y la capacidad de interacción social ADOS-2.

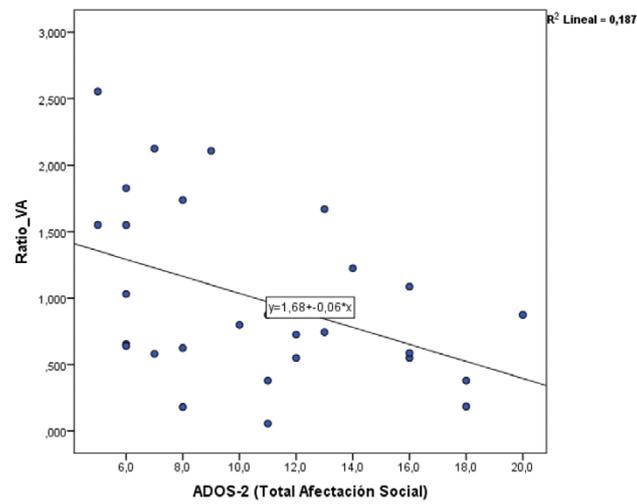


Figura 2: Gráfica de dispersión Ratio\_VA y el total de afectación social ADOS-2.

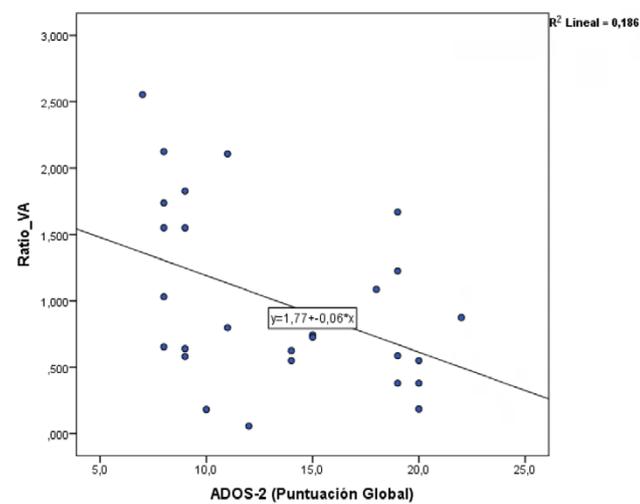


Figura 3: Gráfica de dispersión Ratio\_VA y la puntuación global ADOS- 2.

## **Anexo E**

Estudio nº1: Gráficas de dispersión  
*ADI-R y EDA.*

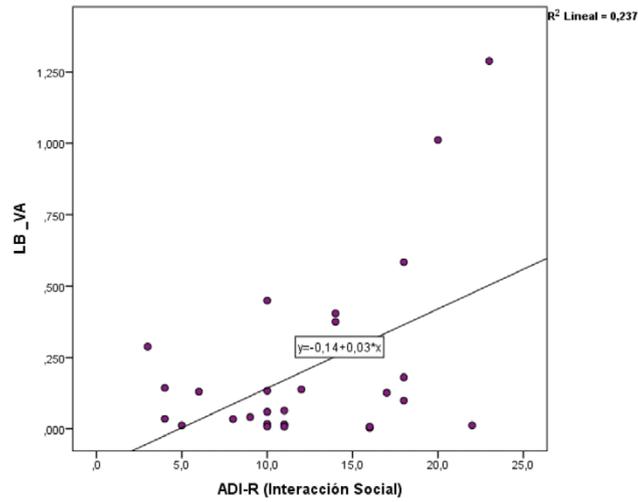


Figura 1: Gráfica de dispersión LB\_VA e interacción social ADI-R.

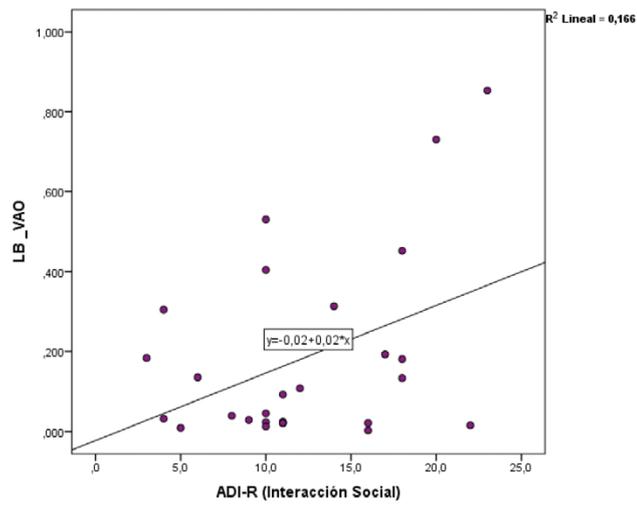


Figura 2: Gráfica de dispersión LB\_VAO e Interacción Social ADI-R.

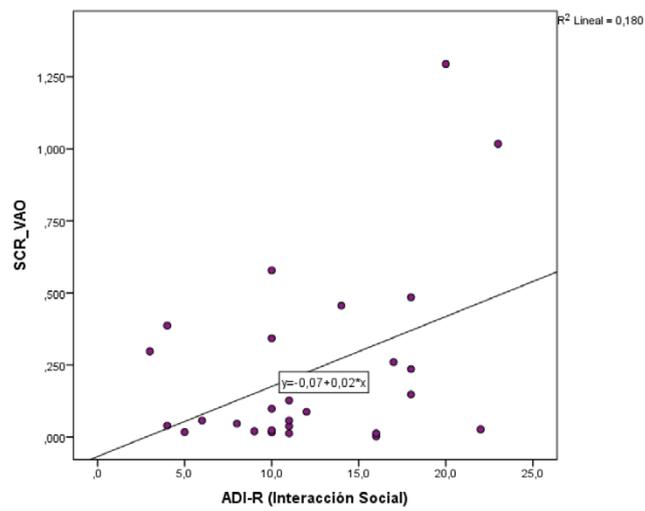


Figura 3: Gráfica de dispersión SCR\_VAO e Interacción Social ADI-R.

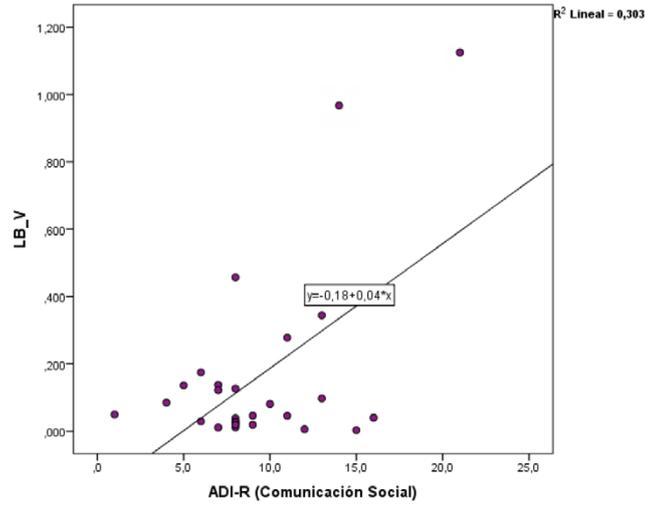


Figura 4: Gráfica de dispersión LB\_V y comunicación social ADI-R.

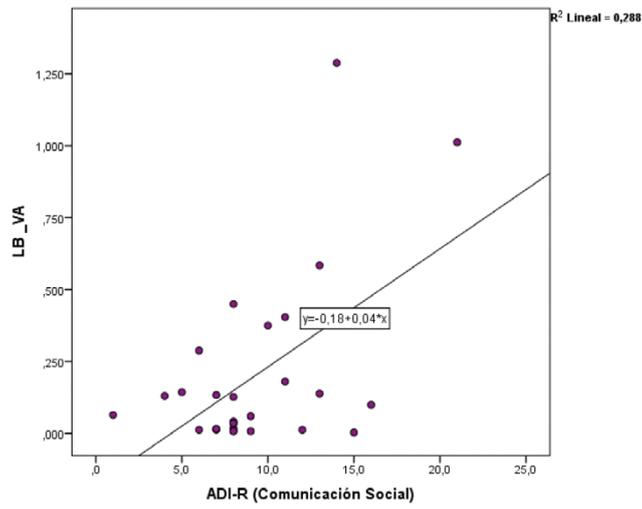


Figura 5: Gráfica de dispersión LB\_VA y comunicación social ADI-R.

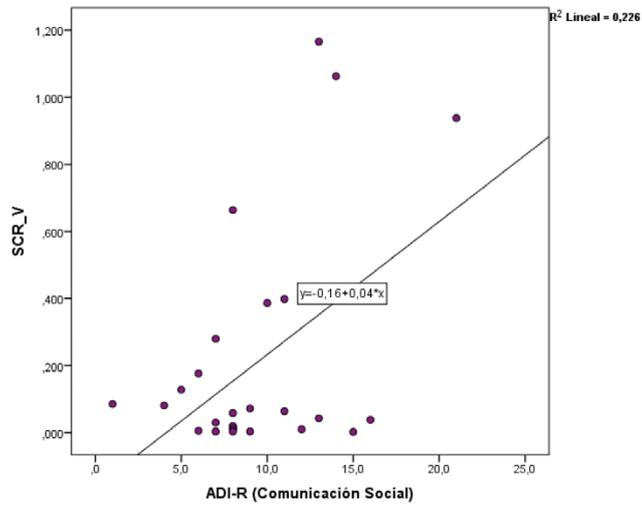


Figura 6: Gráfica de dispersión SCR\_V y comunicación social ADI-R.

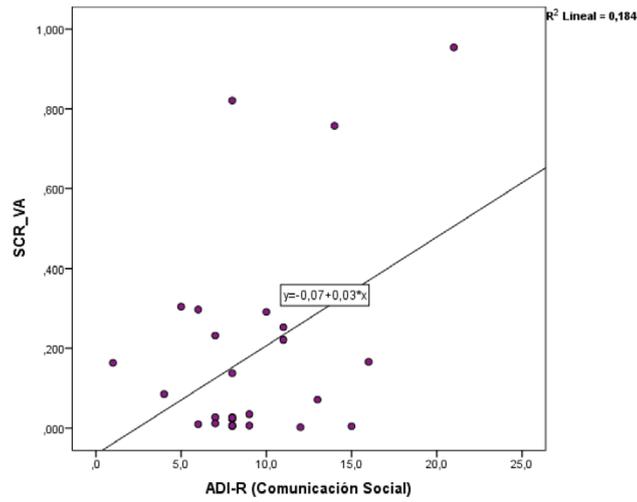


Figura 7: Gráfica de dispersión SCR\_VA y comunicación social ADI-R.

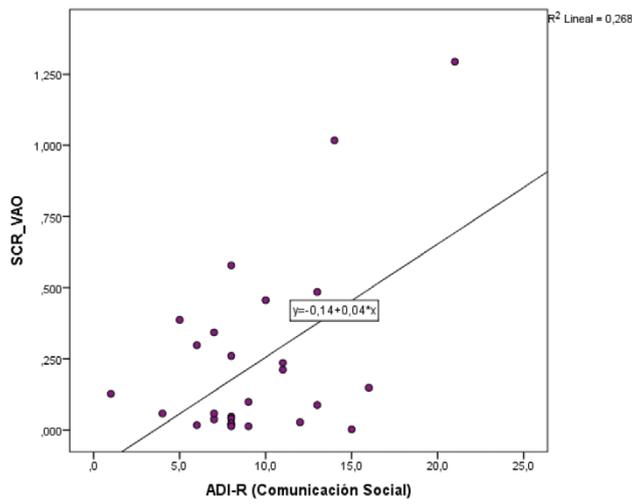


Figura 8: Gráfica de dispersión SCR\_VAO y comunicación social ADI-R.

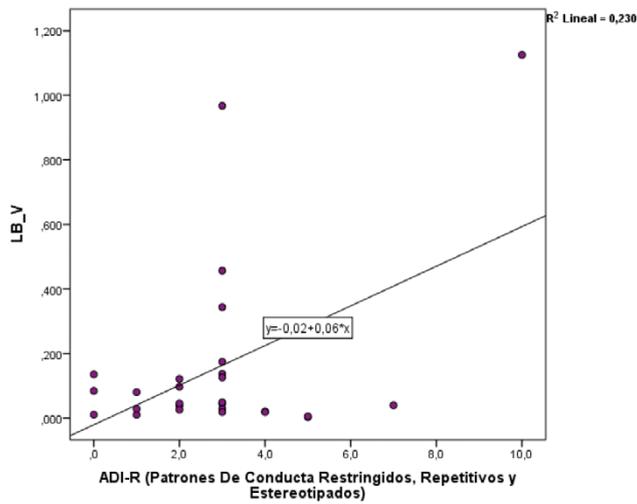


Figura 9: Gráfica de dispersión LB\_V y patrones de conducta restringidos, repetitivos y estereotipados ADI-R.

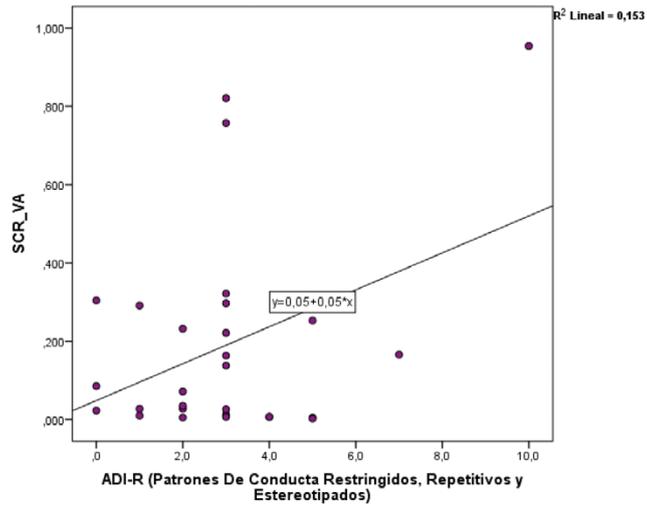


Figura 10: Gráfica de dispersión SCR\_VA y patrones de conducta restringidos, repetitivos y estereotipados ADI-R.

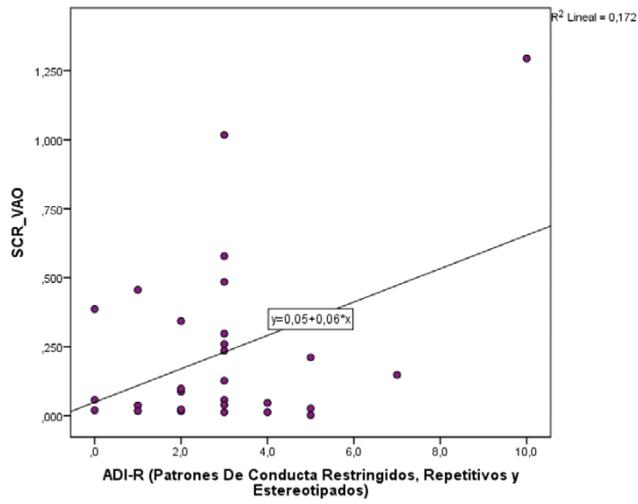


Figura 11: Gráfica de dispersión SCR\_VA y patrones de conducta restringidos, repetitivos y estereotipados ADI-R.

## **Anexo F**

Estudio nº1: Gráficas de dispersión  
*Merrill Palmer y EDA.*

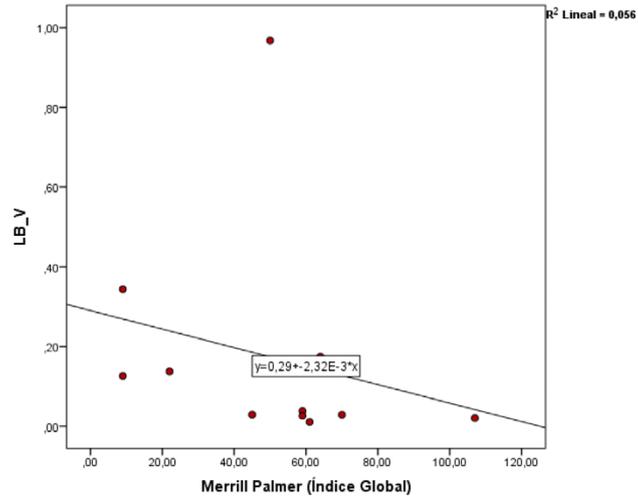


Figura 1: Gráfica de dispersión LB\_V e índice global *Merrill Palmer*.

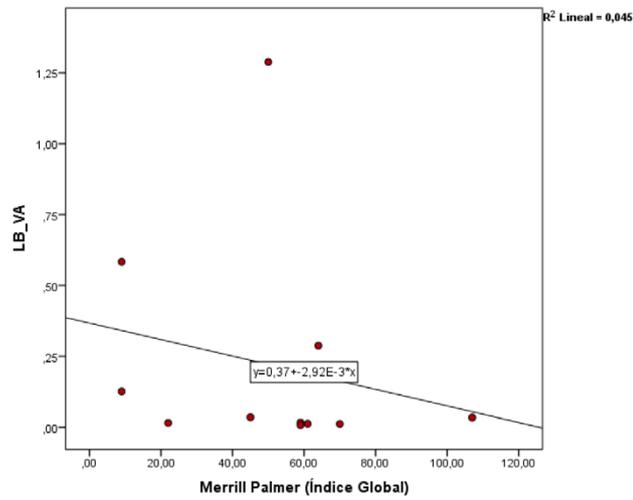


Figura 2: Gráfica de dispersión LB\_VA e índice global *Merrill Palmer*.

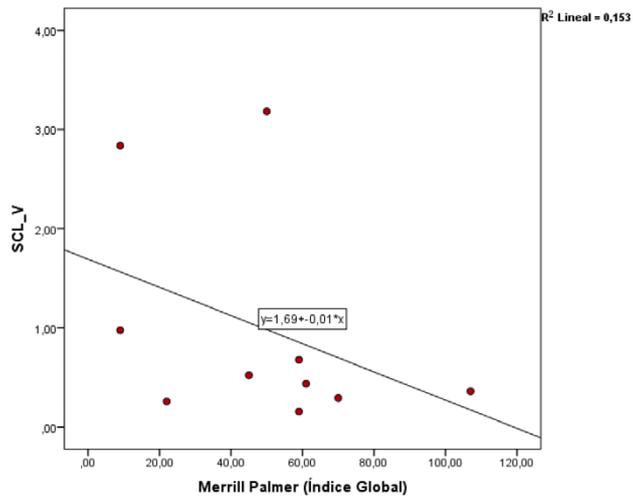


Figura 3: Gráfica de dispersión SCL\_V e índice global *Merrill Palmer*.

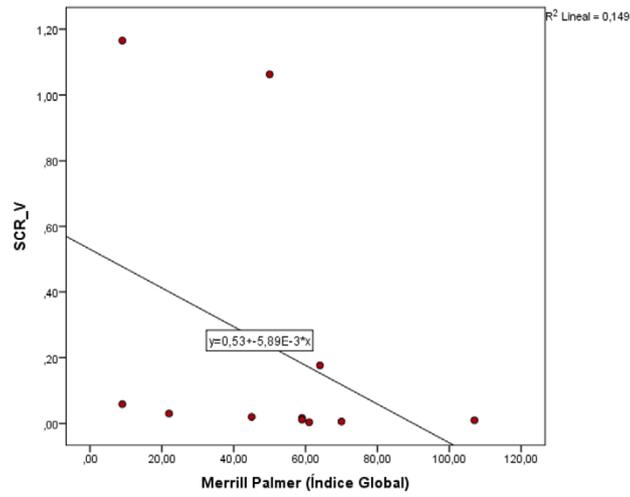


Figura 4: Gráfica de dispersión SCR\_V e índice global *Merrill Palmer*.

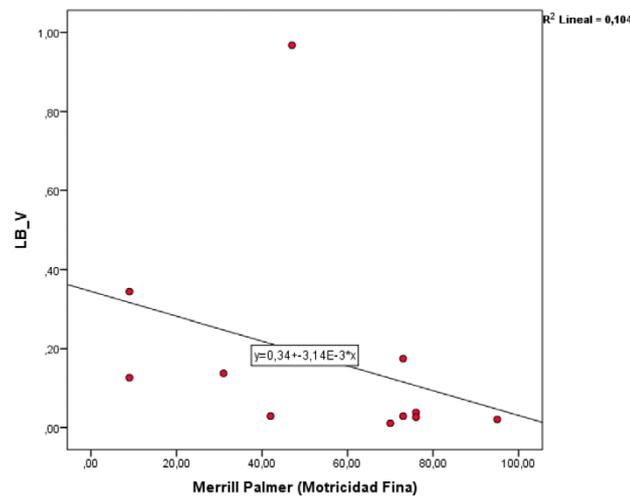


Figura 5: Gráfica de dispersión LB\_V y motricidad fina *Merrill Palmer*.

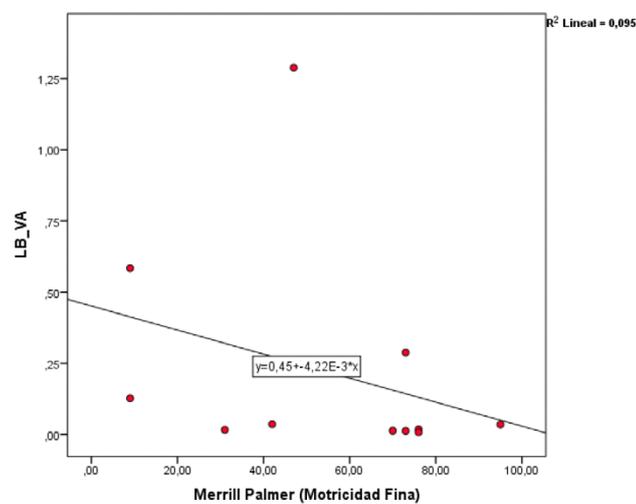


Figura 6: Gráfica de dispersión LB\_VA y motricidad fina *Merrill Palmer*.

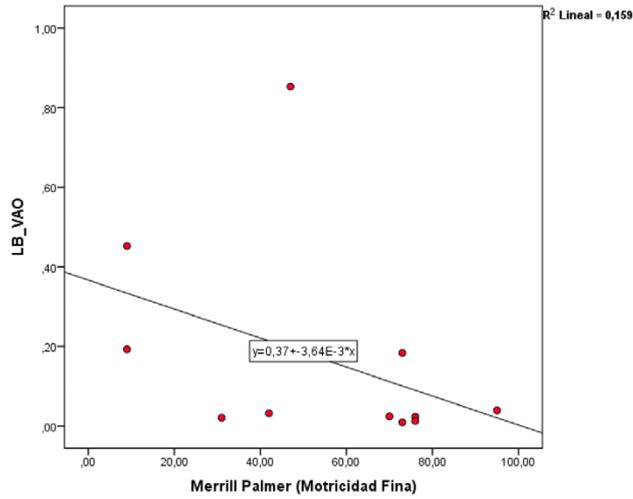


Figura 7: Gráfica de dispersión LB\_VAO y motricidad fina *Merrill Palmer*.

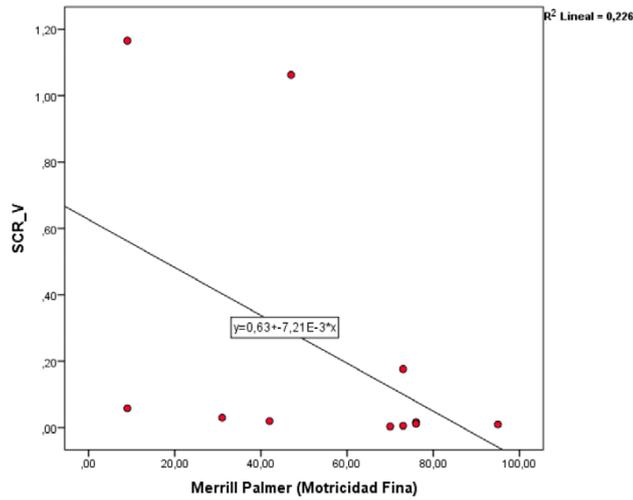


Figura 8: Gráfica de dispersión SCR\_V y motricidad fina *Merrill Palmer*.

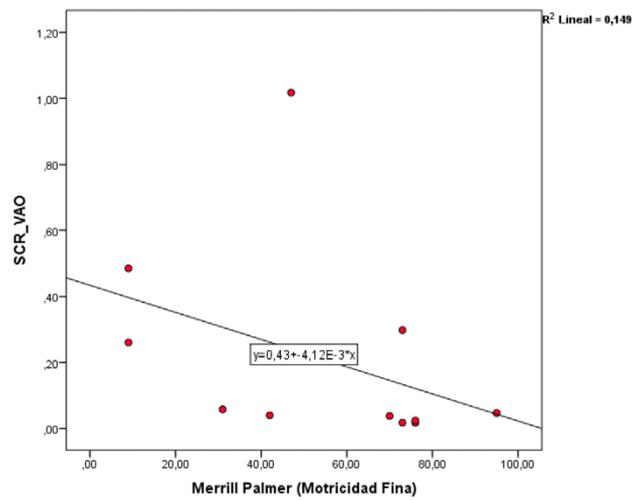


Figura 9: Gráfica de dispersión SCR\_VAO y motricidad fina *Merrill Palmer*.

## **Anexo G**

Estudio nº2: Gráficas de dispersión  
*ADOS-2, ADI-R y EDA*

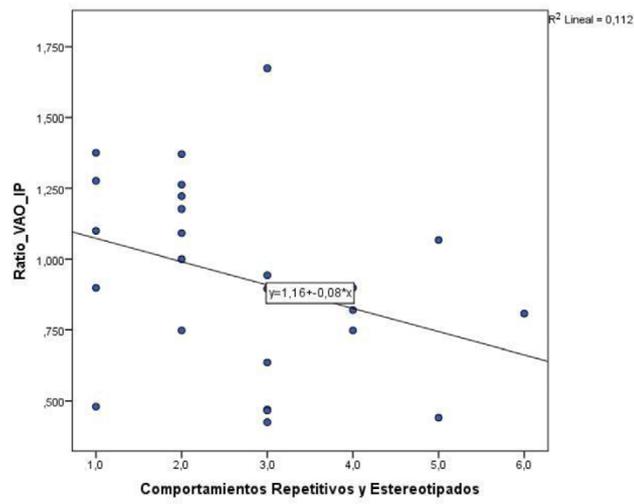


Figura 1: Gráfica de dispersión correlaciones ADOS-2.

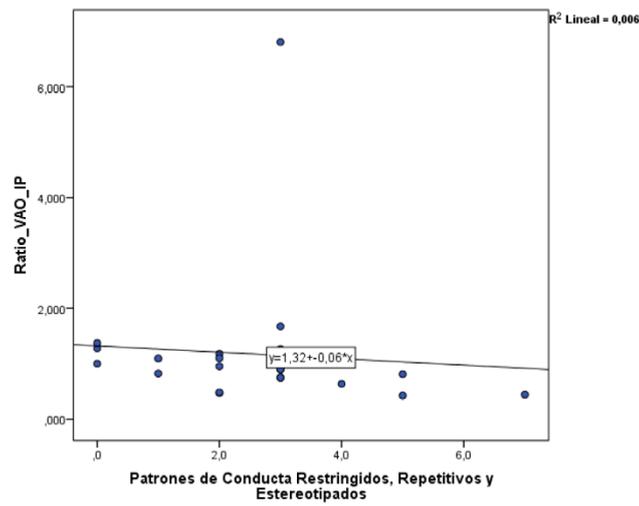


Figura 2: Gráfica de dispersión correlaciones ADI-R.

## **Anexo H**

*Estudio n°2: Gráficas de dispersión  
Merrill Palmer y EDA*

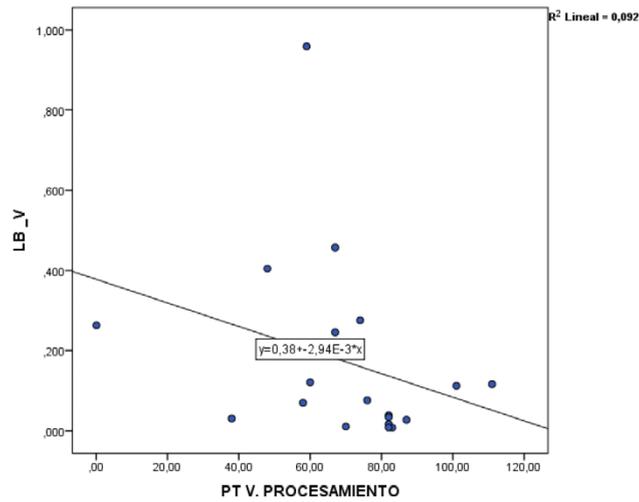


Figura 1: Gráfica de dispersión LB\_V y velocidad de procesamiento *Merrill Palmer*.

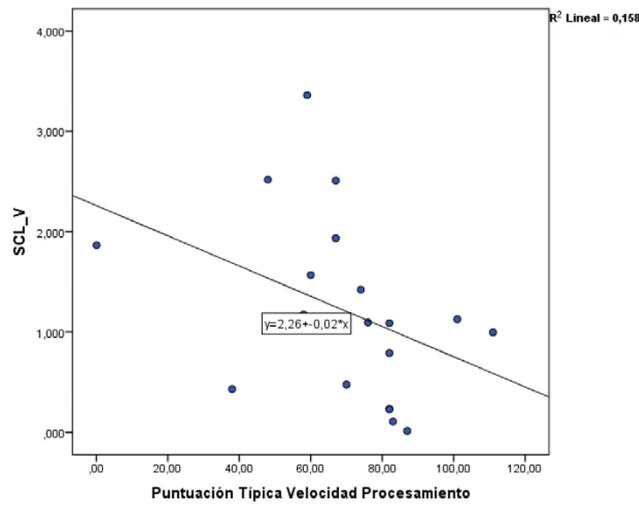


Figura 2: Gráfica de dispersión SCL\_V y velocidad de procesamiento *Merrill Palmer*.

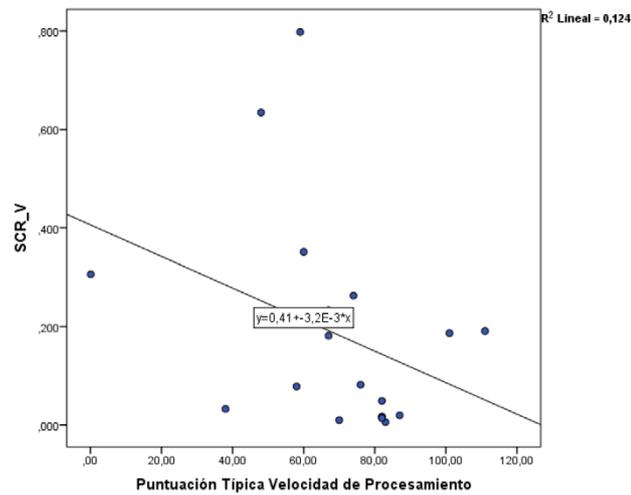


Figura 3: Gráfica de dispersión SCR\_V y velocidad de procesamiento *Merrill Palmer*.

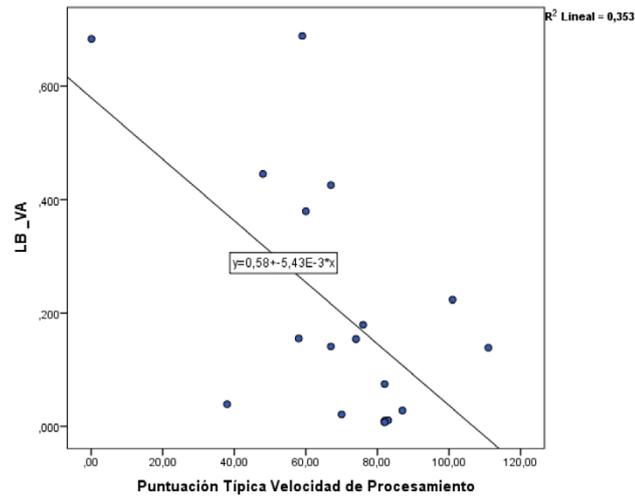


Figura 4: Gráfica de dispersión LB\_VA y velocidad de procesamiento *Merrill Palmer*.

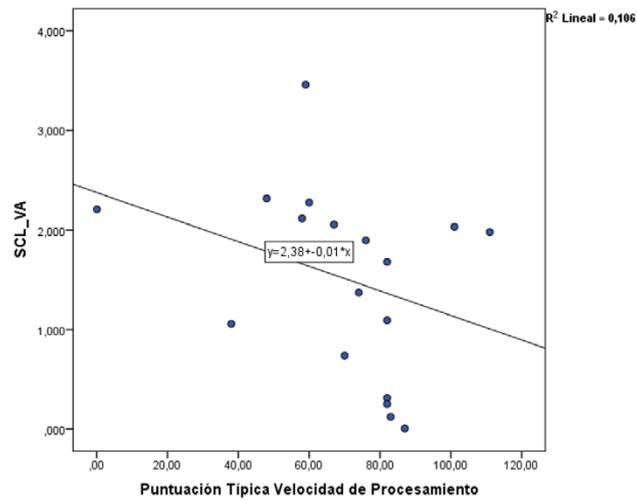


Figura 5: Gráfica de dispersión SCL\_VA y velocidad de procesamiento *Merrill Palmer*.

## **Anexo I**

Estudio nº3: Gáficas de dispersión  
*ADOS-2 y EVI-TEA.*

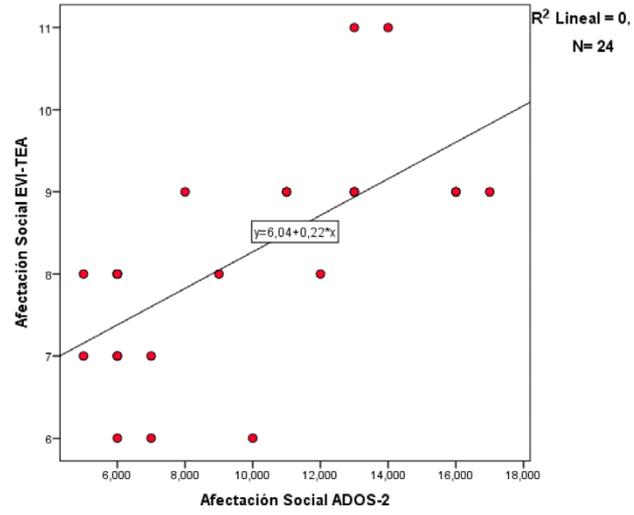


Figura 1: Gráfica de dispersión afectación social ADOS-2 y EVI-TEA.

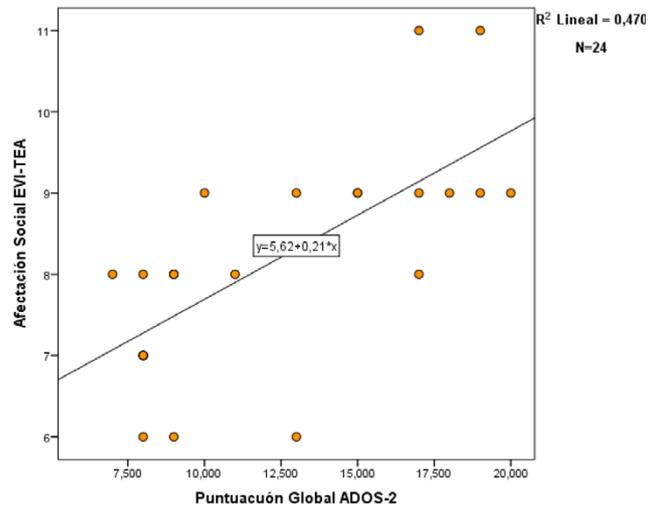


Figura 2: Gráfica de dispersión puntuación global ADOS-2 y EVI-TEA.

## **Anexo J**

Estudio nº3: Gráficas de dispersión  
*ADOS-2 y EDA*

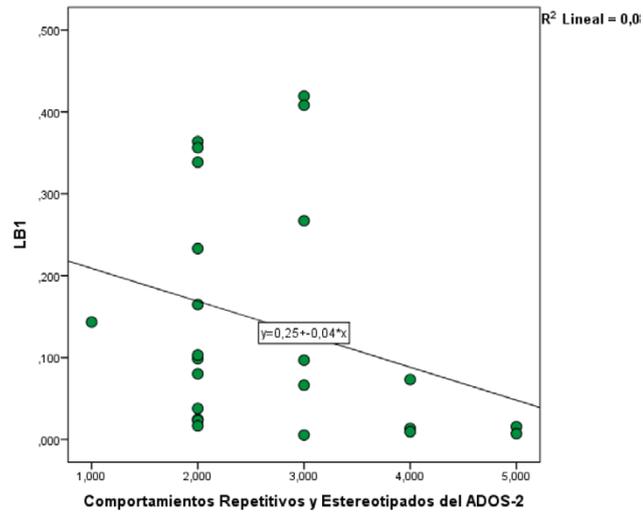


Figura 1: Gráfica de dispersión LB1 y comportamientos repetitivos y estereotipados del ADOS-2.

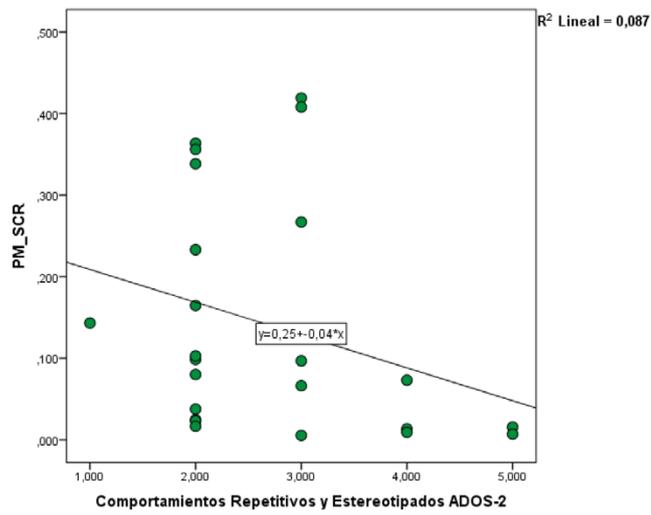


Figura 2: Gráfica de dispersión PM\_SCR y comportamientos repetitivos y estereotipados del ADOS-2

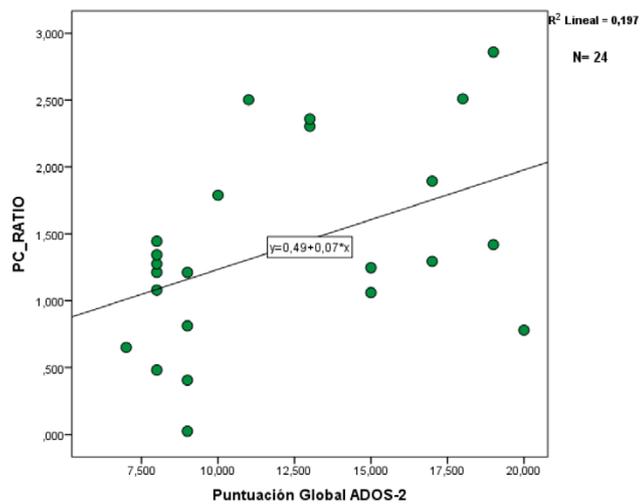


Figura 3: Gráfica de dispersión PC\_Ratio y puntuación global ADOS-2.

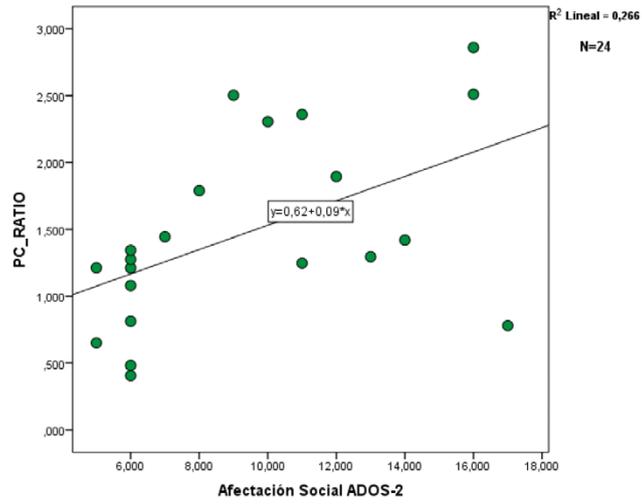


Figura 4: Gráfica de dispersión PC\_Ratio y afectación social ADOS-2.

## **Anexo K**

Estudio n°3: Gráficas de dispersión  
*EVI-TEA y EDA*

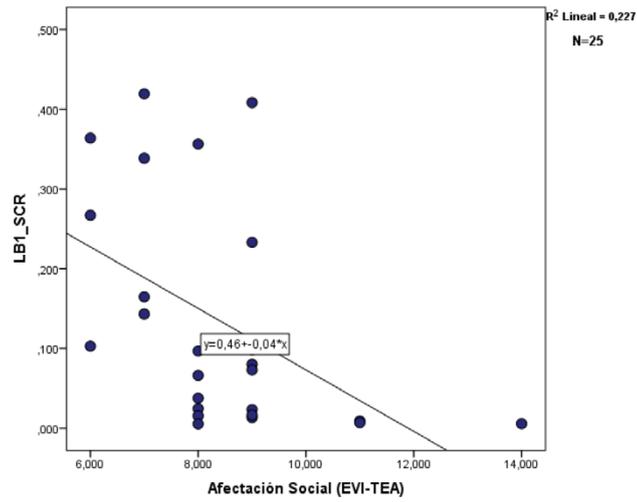


Figura 1: Gráfica de dispersión LB1 y afectación social EVI-TEA.

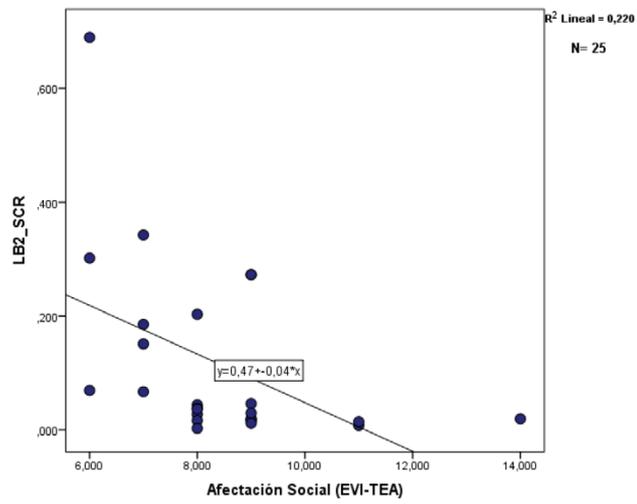


Figura 2: Gráfica de dispersión LB2 y afectación social EVI-TEA.

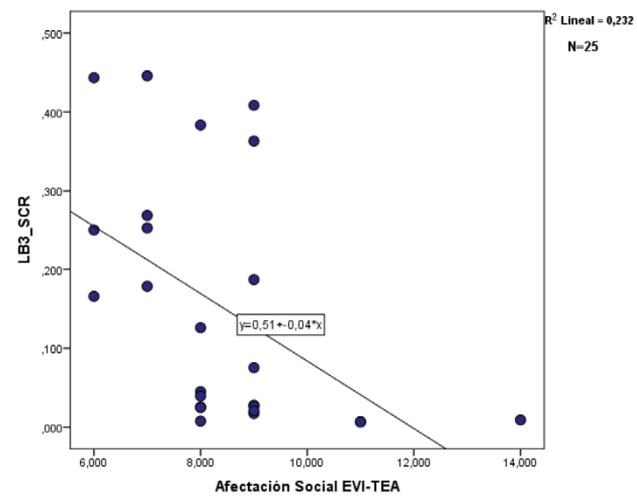


Figura 3: Gráfica de dispersión LB3 y afectación social EVI-TEA.

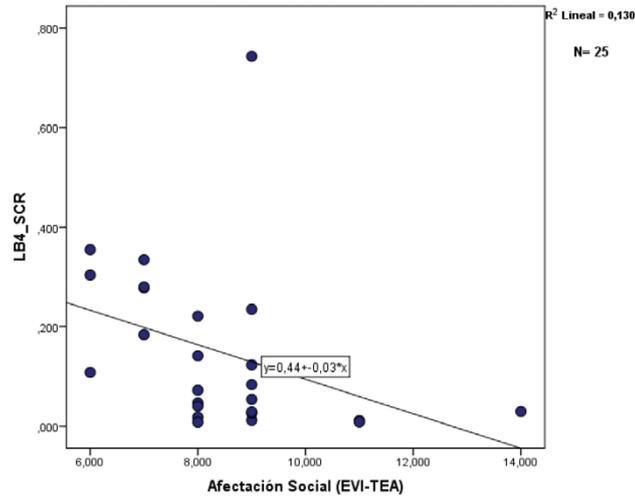


Figura 4: Gráfica de dispersión LB4 y afectación social EVI-TEA.

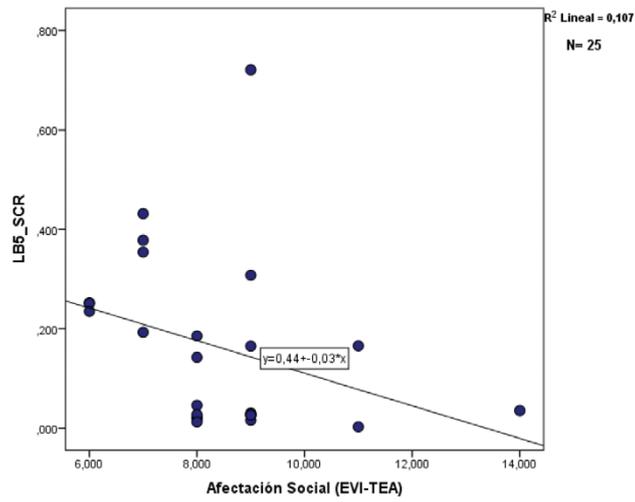


Figura 5: Gráfica de dispersión LB5 y afectación social EVI-TEA.

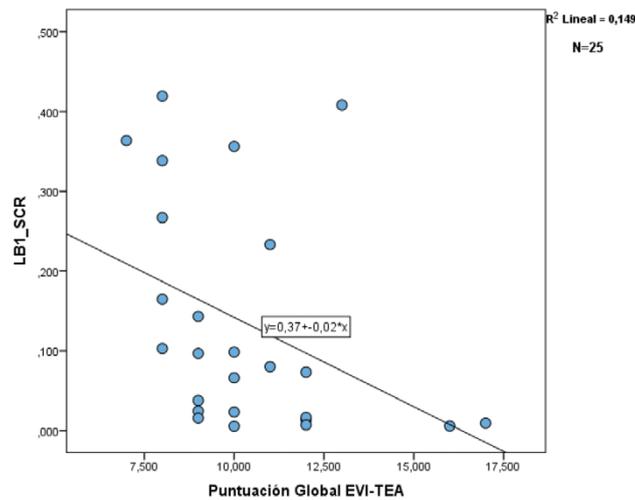


Figura 6: Gráfica de dispersión LB1 y puntuación global EVI-TEA.

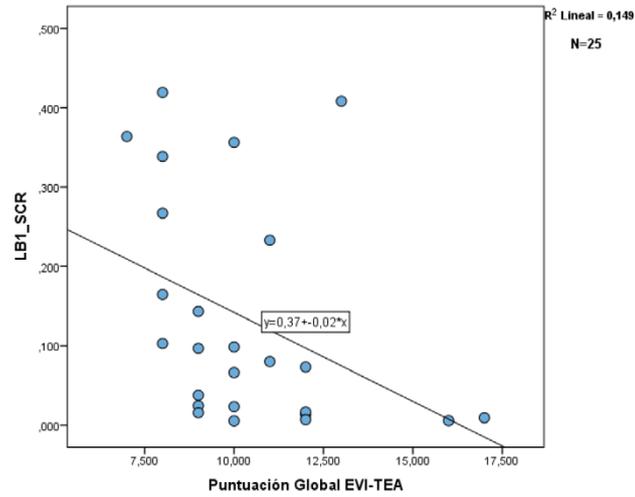


Figura 7: Gráfica de dispersión LB2 y puntuación global EVI-TEA.

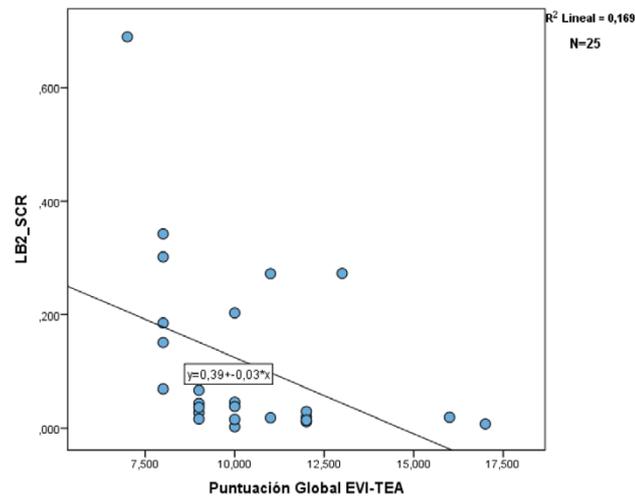


Figura 8: Gráfica de dispersión LB3 y puntuación global EVI-TEA.

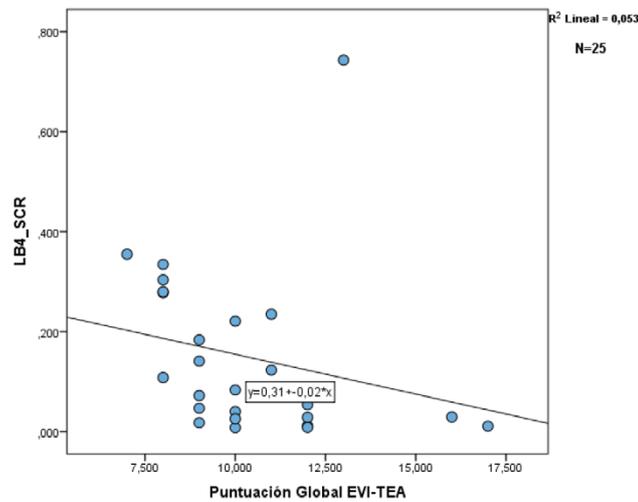


Figura 9: Gráfica de dispersión LB4 y puntuación global EVI-TEA.

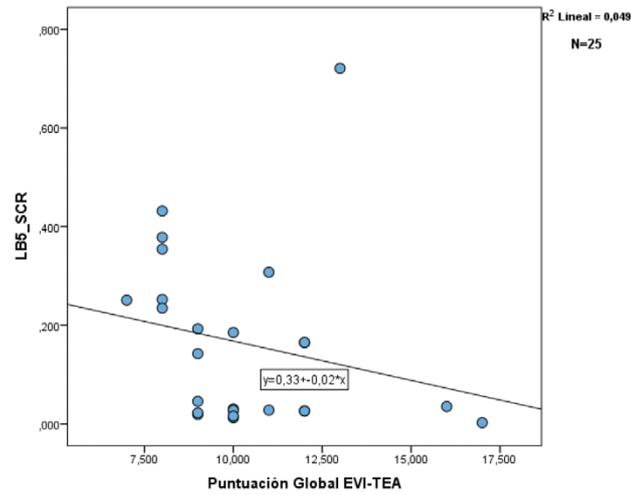


Figura 10: Gráfica de dispersión LB5 y puntuación global EVI-TEA.

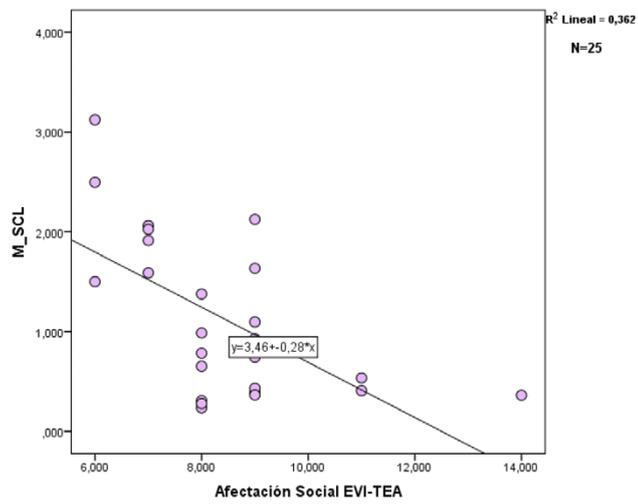


Figura 11: Gráfica de dispersión M\_SCL y afectación social EVI-TEA.

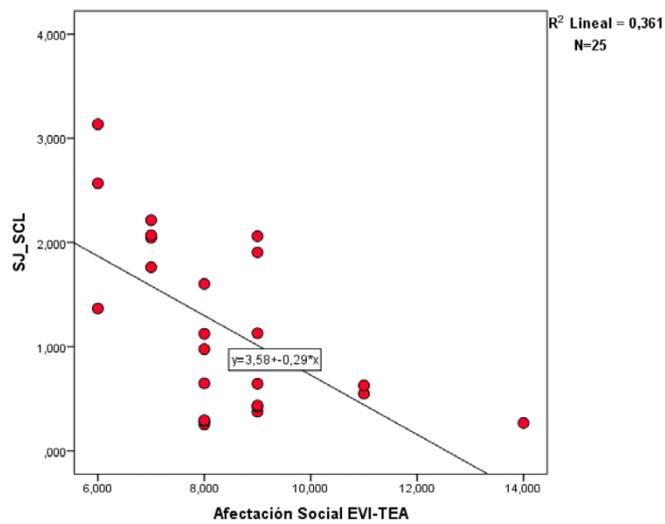


Figura 12: Gráfica de dispersión SJ\_SCL y afectación social EVI-TEA.

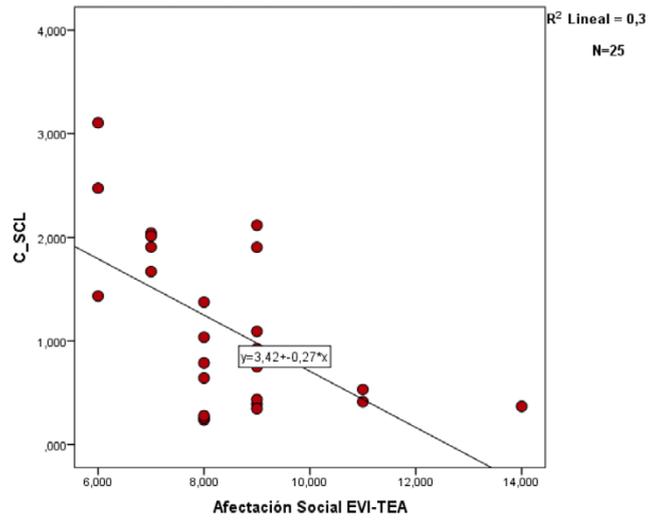


Figura 13: Gráfica de dispersión C\_SCL y afectación social EVI-TEA.

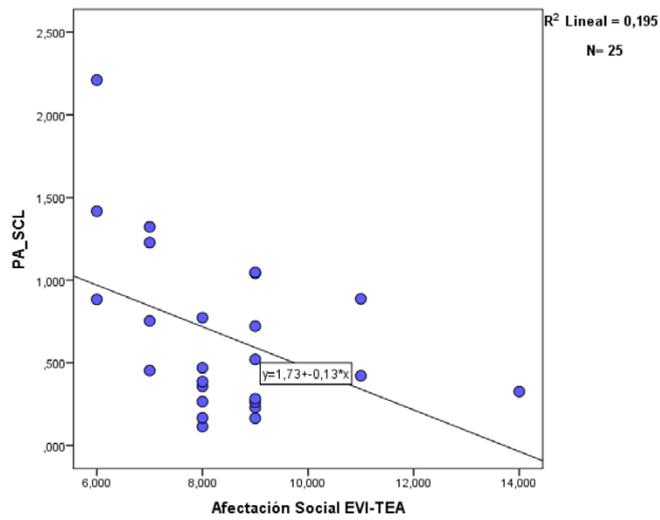


Figura 14: Gráfica de dispersión PA\_SCL y afectación social EVI-TEA.

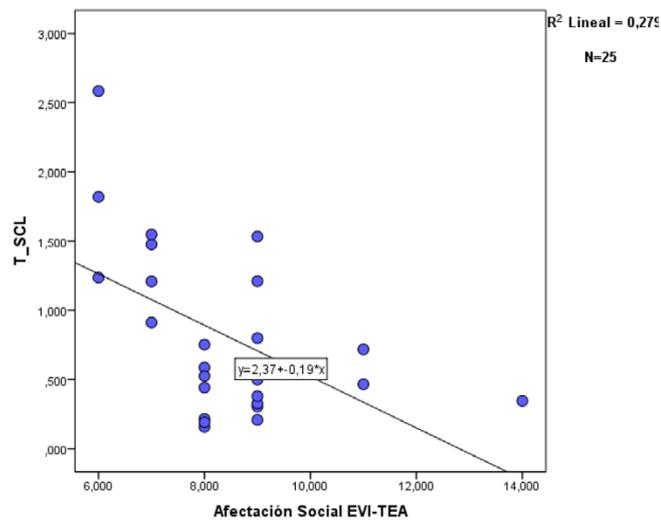


Figura 15: Gráfica de dispersión T\_SCL y afectación social EVI-TEA.

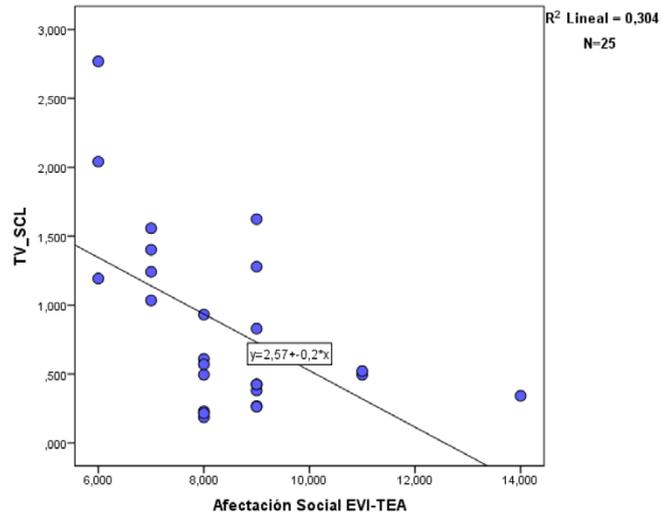


Figura 16: Gráfica de dispersión TV\_SCL y afectación social EVI-TEA.

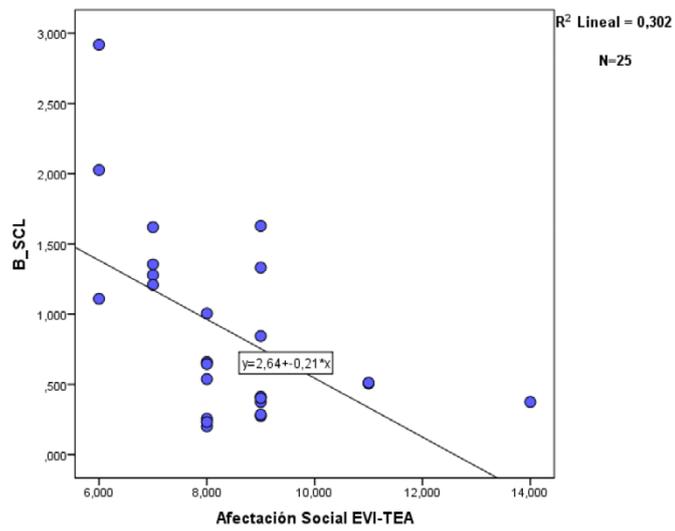


Figura 17: Gráfica de dispersión B\_SCL y afectación social EVI-TEA.

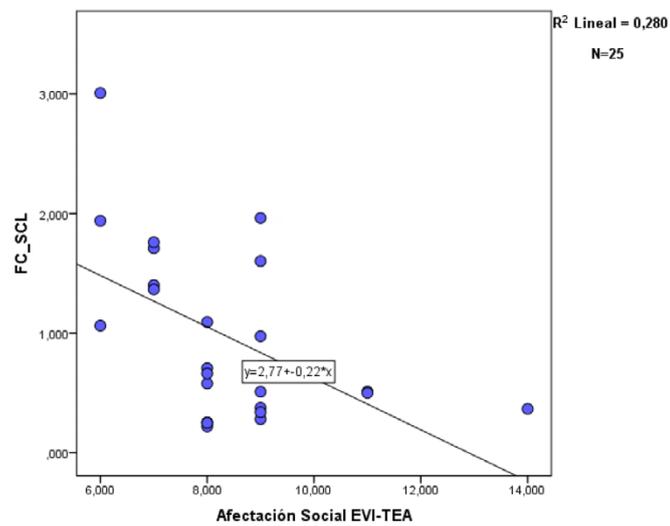


Figura 18: Gráfica de dispersión FC\_SCL y afectación social EVI-TEA.

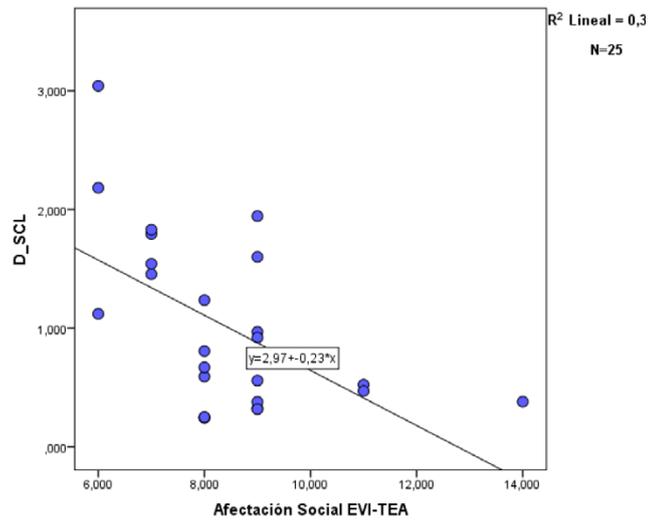


Figura 19: Gráfica de dispersión D\_SCL y afectación social EVI-TEA.

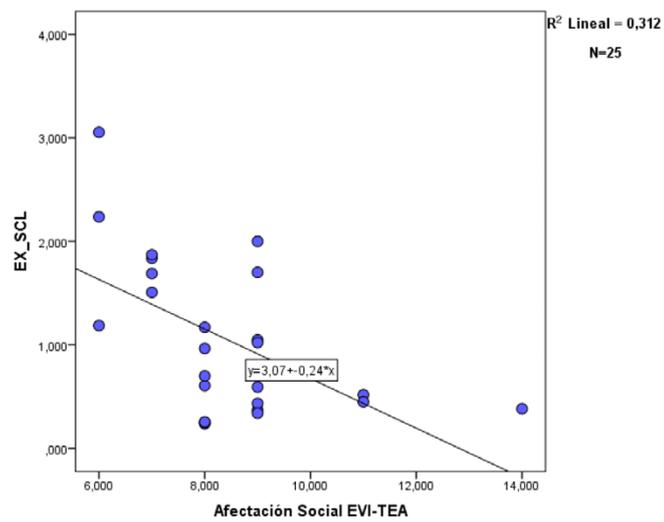


Figura 20: Gráfica de dispersión EX\_SCL y afectación social EVI-TEA.

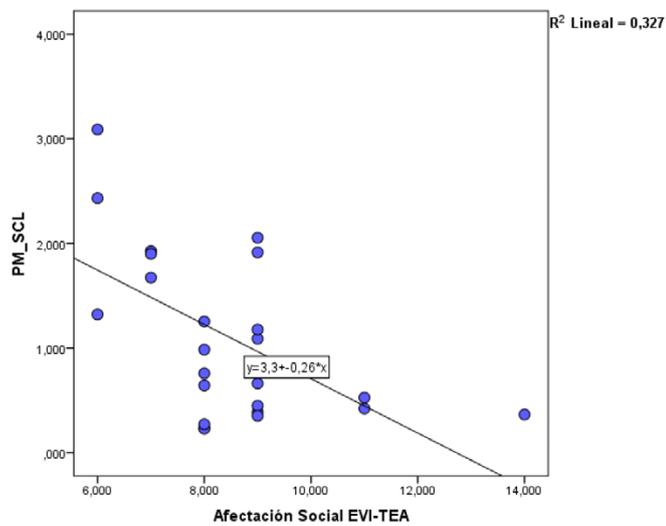


Figura 21: Gráfica de dispersión PM\_SCL y afectación social EVI-TEA.

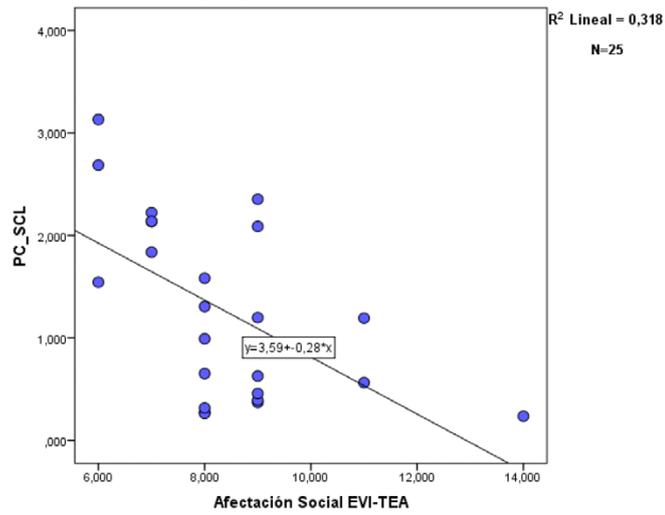


Figura 22: Gráfica de dispersión PC\_SCL y afectación social EVI-TEA.

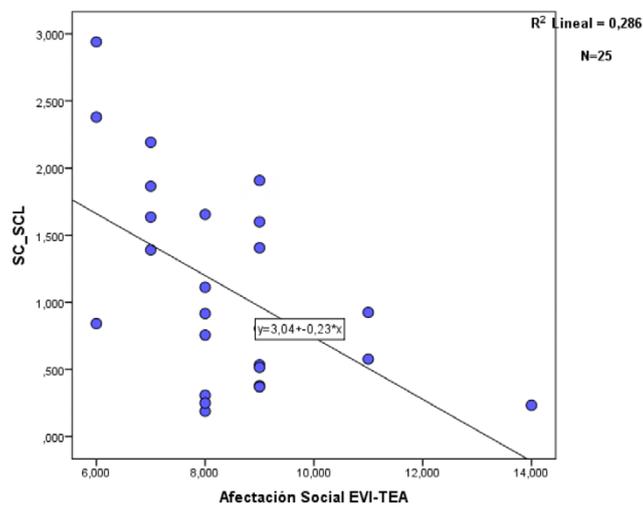


Figura 23: Gráfica de dispersión SC\_SCL y afectación social EVI-TEA.

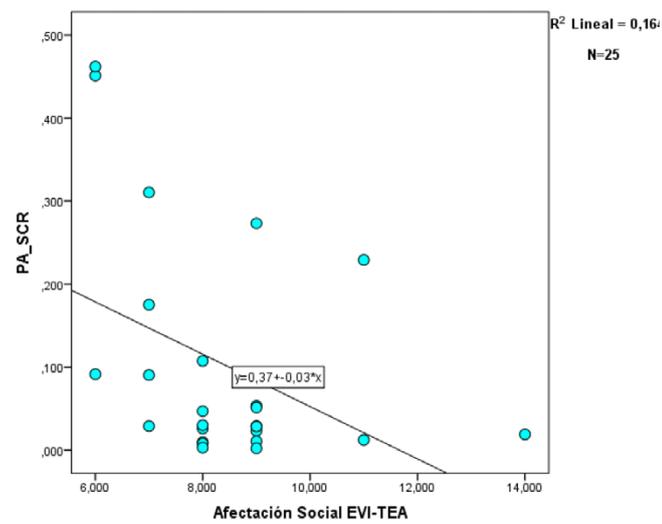


Figura 24: Gráfica de dispersión PA\_SCR y afectación social EVI-TEA.

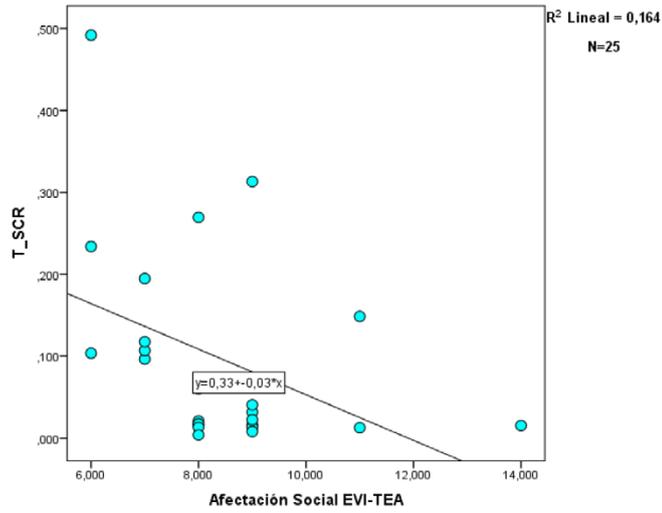


Figura 25: Gráfica de dispersión T\_SCR y afectación social EVI-TEA.

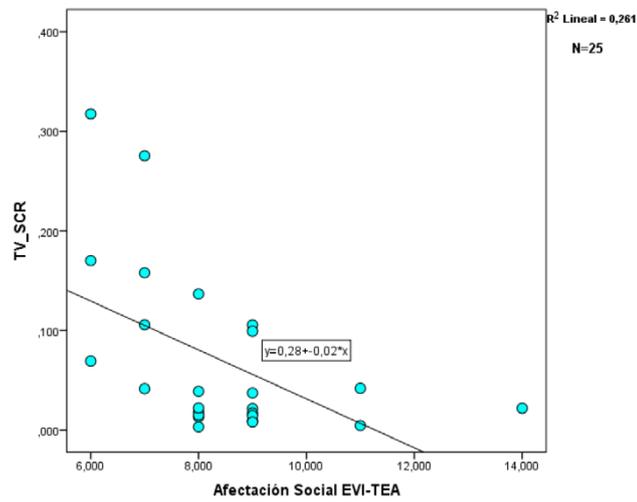


Figura 26: Gráfica de dispersión TV\_SCR y afectación social EVI-TEA.

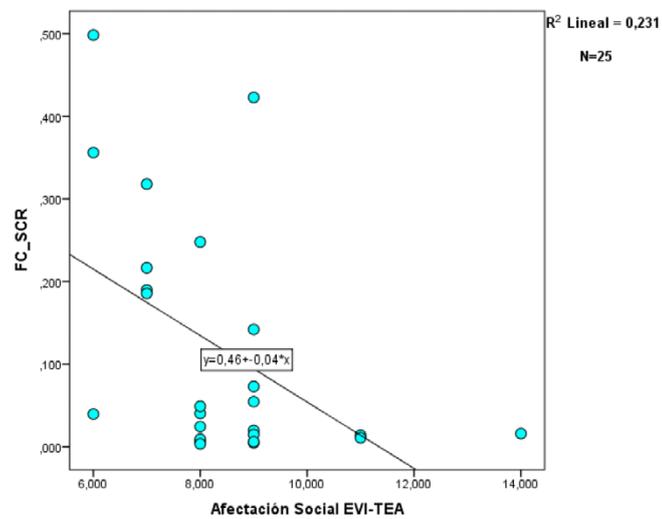


Figura 27: Gráfica de dispersión FC\_SCR y afectación social EVI-TEA.

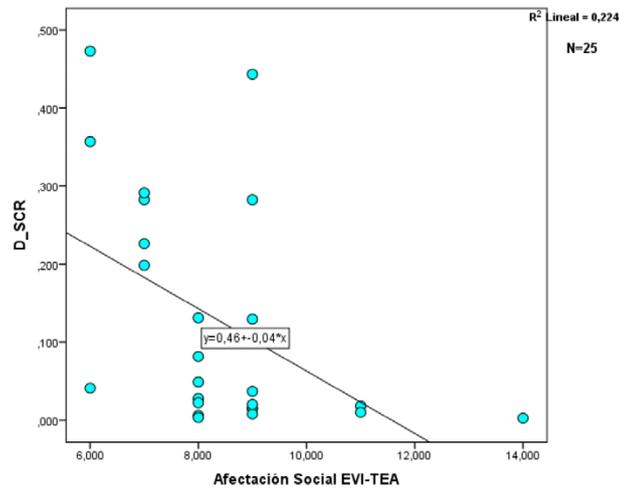


Figura 28: Gráfica de dispersión D\_SCR y afectación social EVI-TEA.

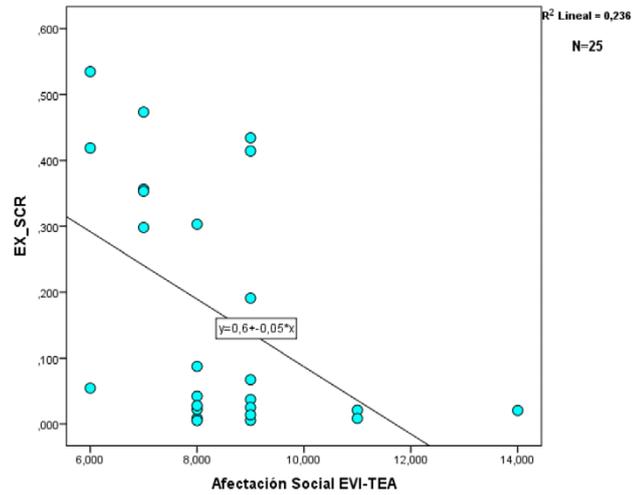


Figura 29: Gráfica de dispersión EX\_SCR y afectación social EVI-TEA.

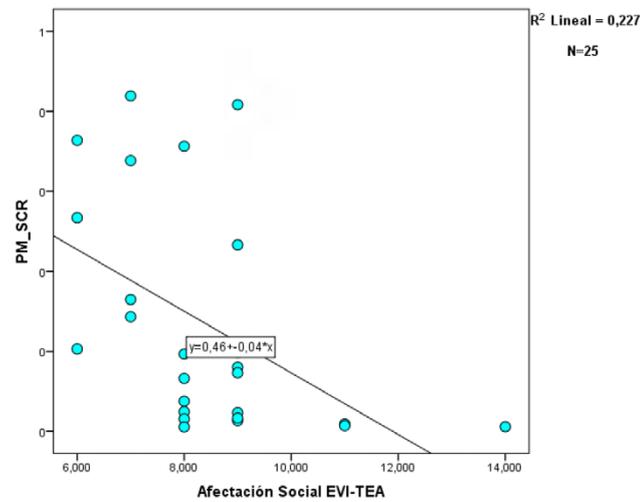


Figura 30: Gráfica de dispersión PM\_SCR y afectación social EVI-TEA.

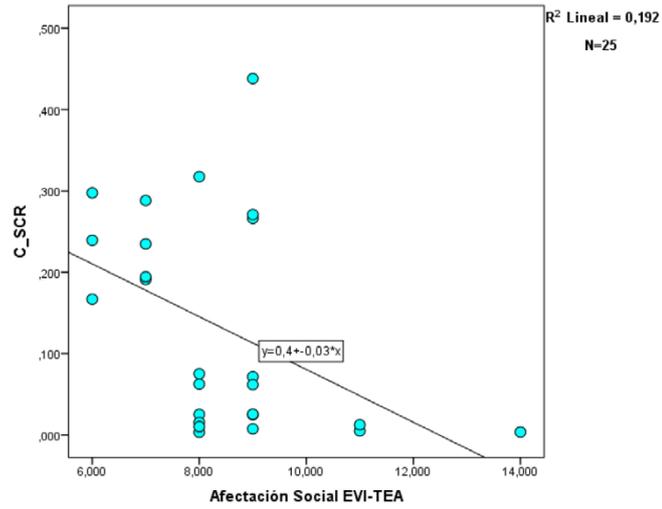


Figura 31: Gráfica de dispersión C\_SCR y afectación social EVI-TEA.

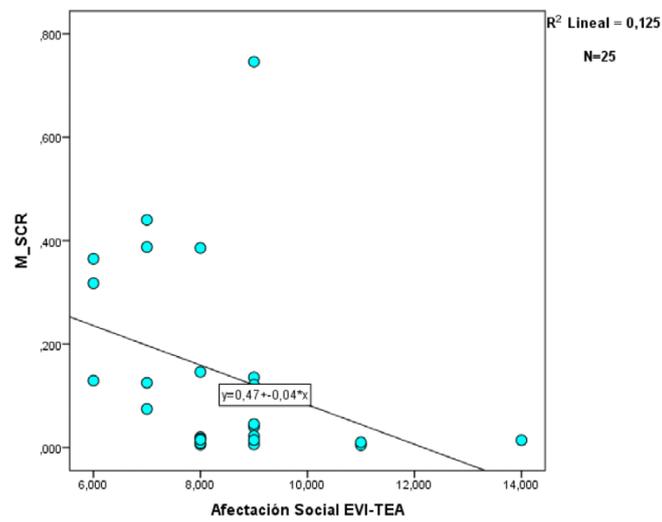


Figura 32: Gráfica de dispersión M\_SCR y afectación social EVI-TEA.

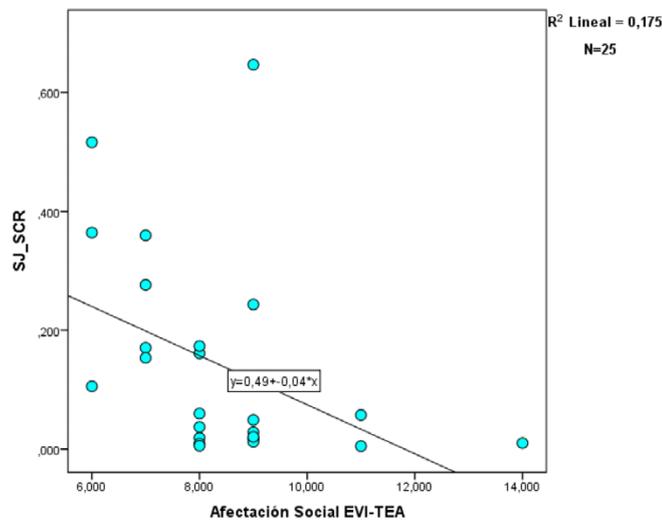


Figura 33: Gráfica de dispersión SJ\_SCR y afectación social EVI-TEA.

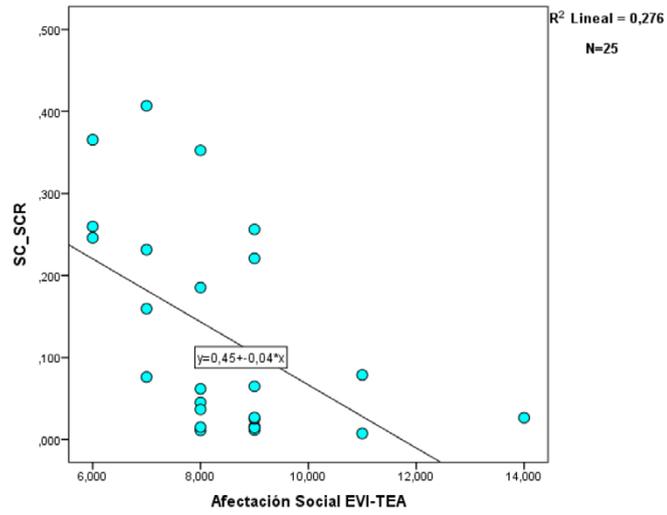


Figura 34: Gráfica de dispersión SC\_SCR y afectación social EVI-TEA.

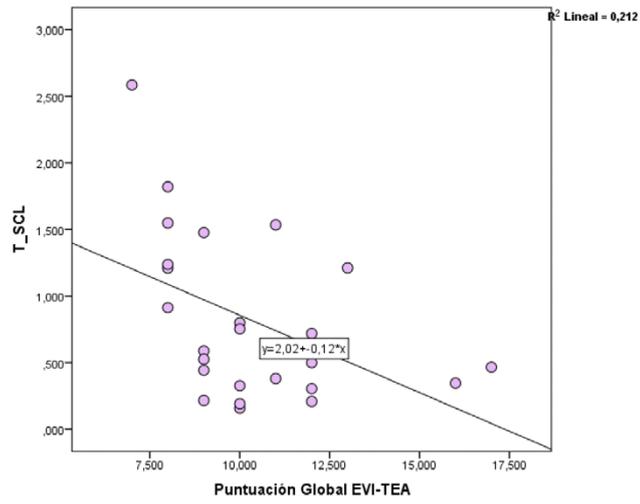


Figura 35: Gráfica de dispersión T\_SCL y puntuación global EVI-TEA.

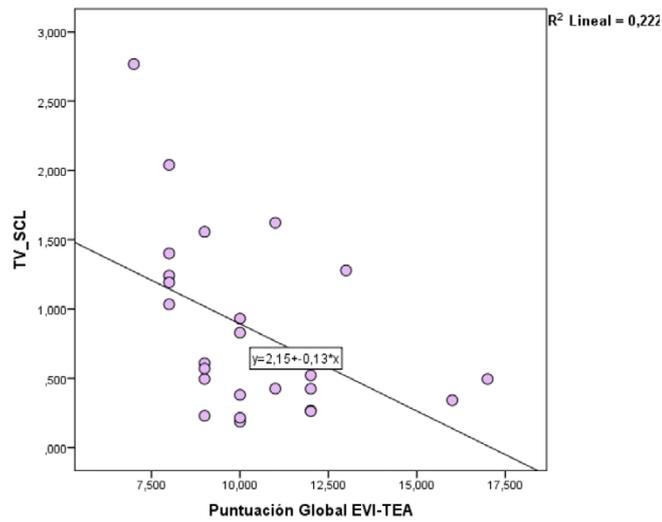


Figura 36: Gráfica de dispersión TV\_SCL y puntuación global EVI-TEA.

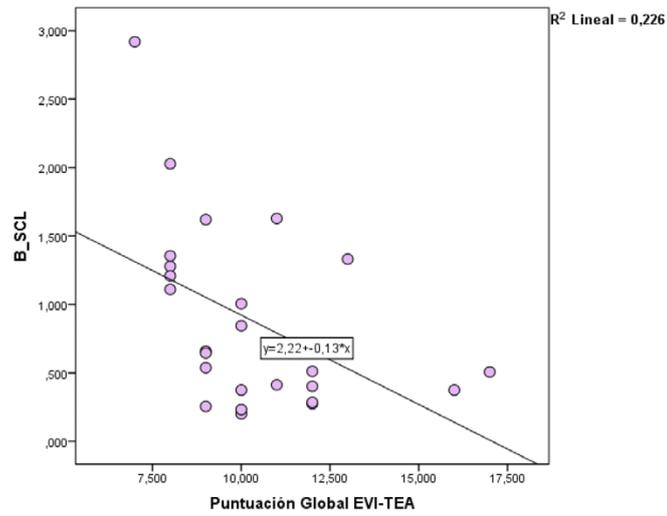


Figura 37: Gráfica de dispersión B\_SCL y puntuación global EVI-TEA.

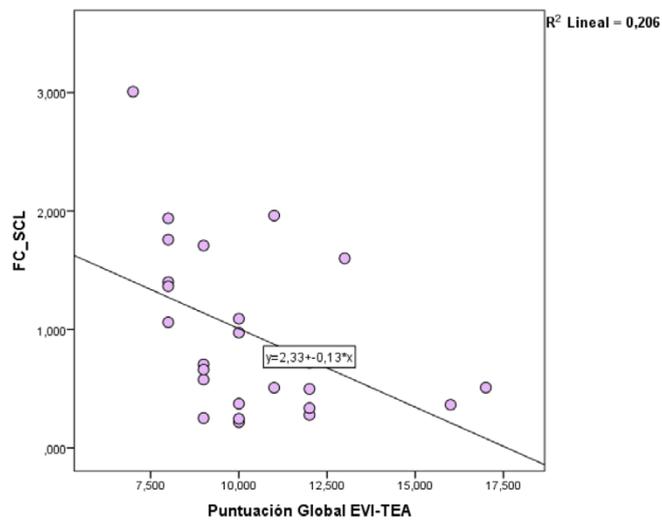


Figura 38: Gráfica de dispersión FC\_SCL y puntuación global EVI-TEA.

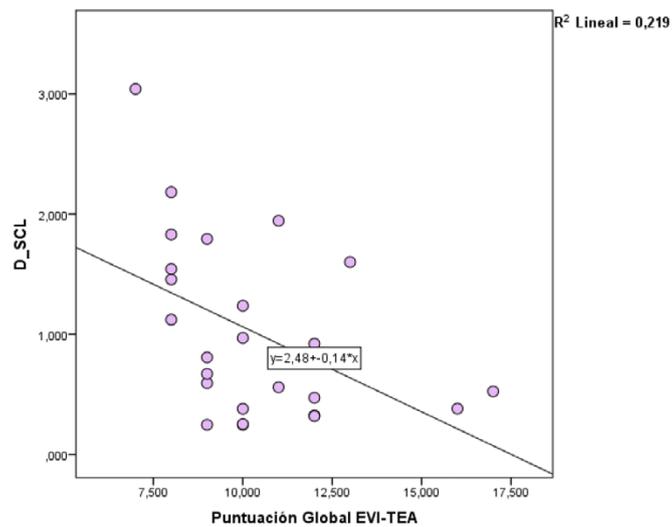


Figura 39: Gráfica de dispersión D\_SCL y puntuación global EVI-TEA.

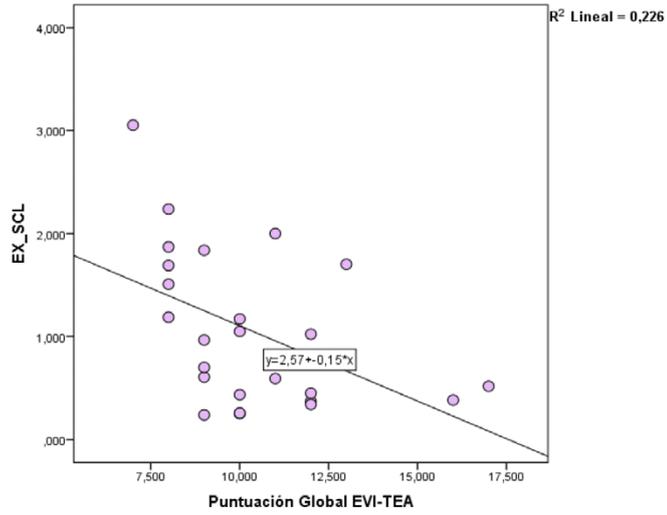


Figura 40: Gráfica de dispersión EX\_SCL y puntuación global EVI-TEA.

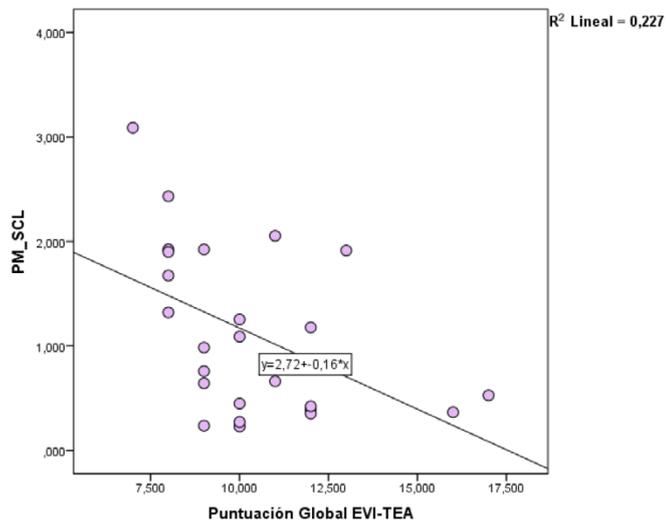


Figura 41: Gráfica de dispersión PM\_SCL y puntuación global EVI-TEA.

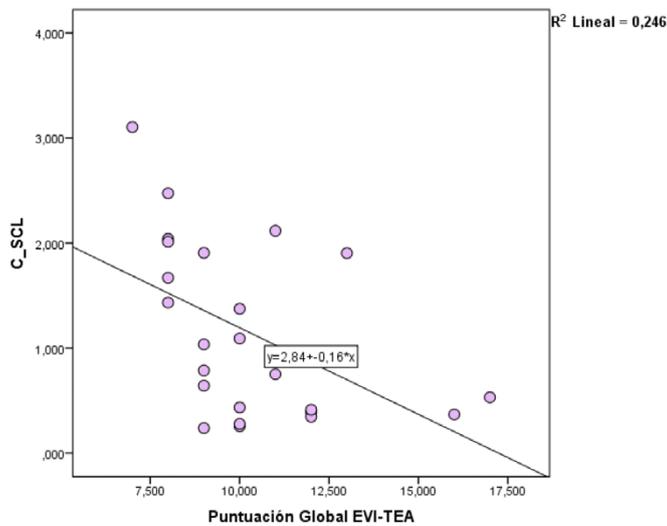


Figura 42: Gráfica de dispersión C\_SCL y puntuación global EVI-TEA.

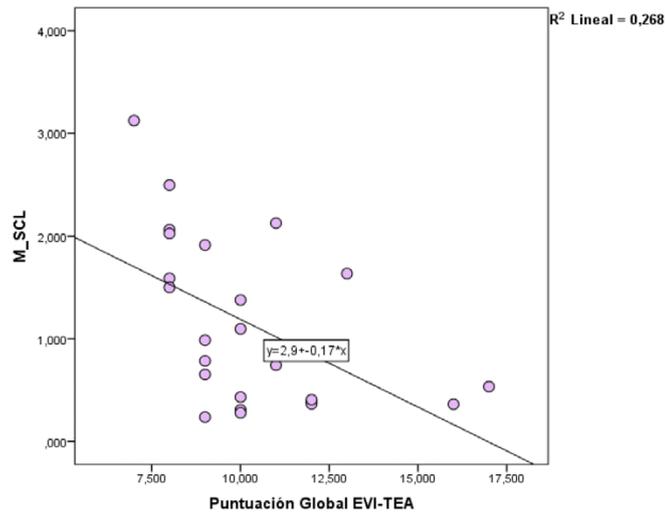


Figura 43: Gráfica de dispersión M\_SCL y puntuación global EVI-TEA.

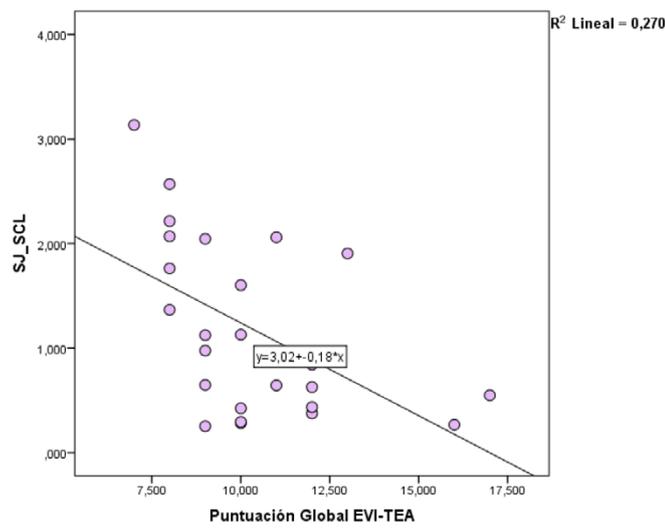


Figura 44: Gráfica de dispersión SJ\_SCL y puntuación global EVI-TEA.

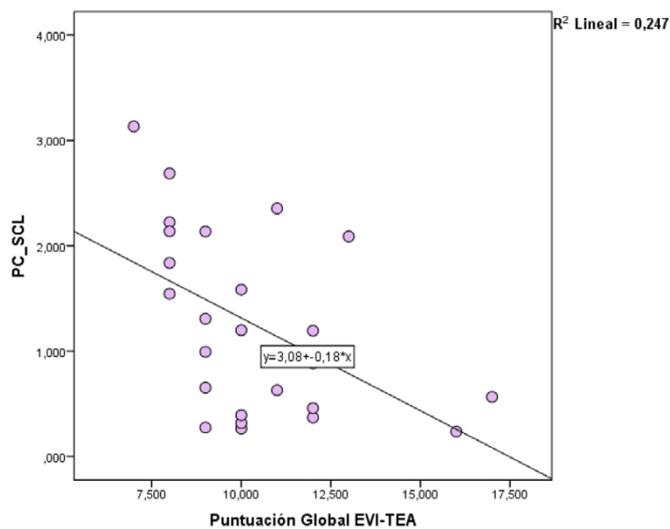


Figura 45: Gráfica de dispersión PC\_SCL y puntuación global EVI-TEA.

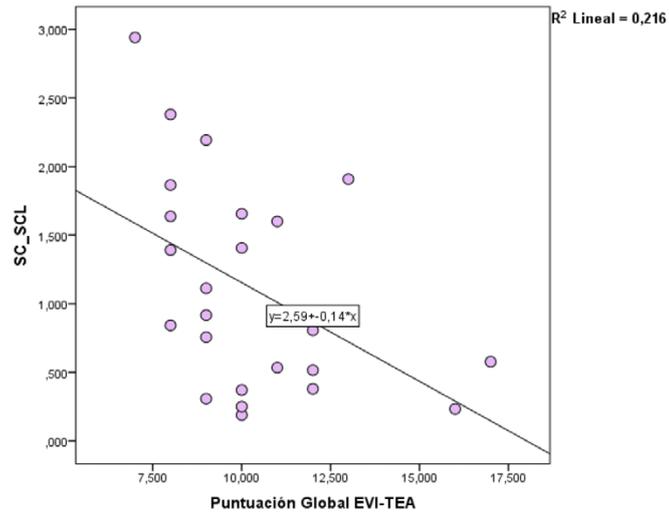


Figura 46: Gráfica de dispersión SC\_SCL y puntuación global EVI-TEA.

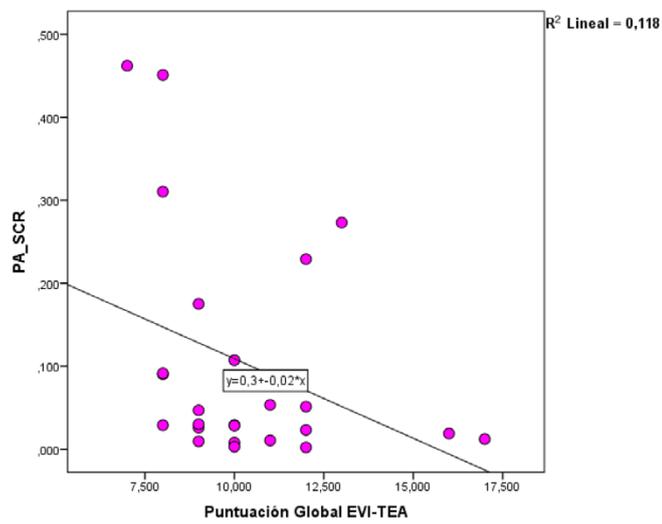


Figura 47: Gráfica de dispersión PA\_SCR y puntuación global EVI-TEA.

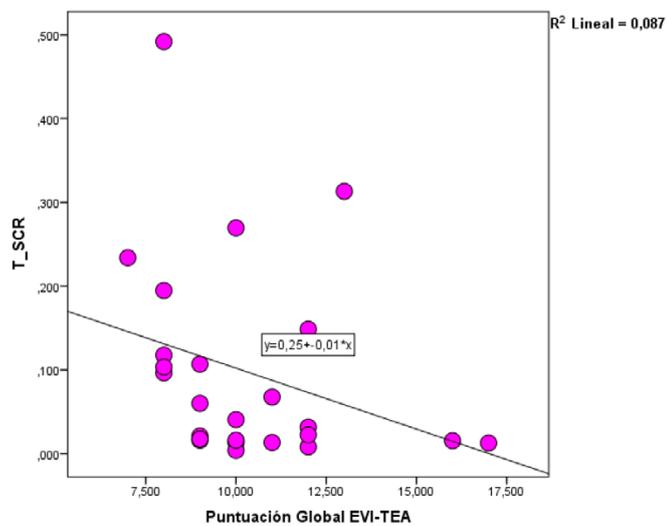


Figura 48: Gráfica de dispersión T\_SCR y puntuación global EVI-TEA.

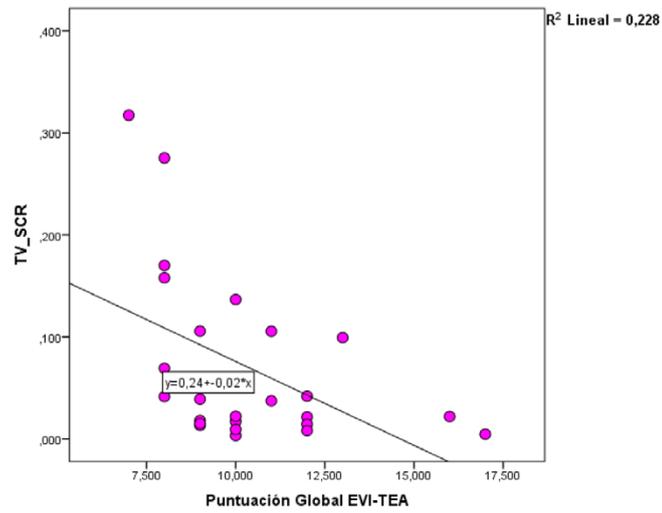


Figura 49: Gráfica de dispersión TV\_SCR y puntuación global EVI-TEA.

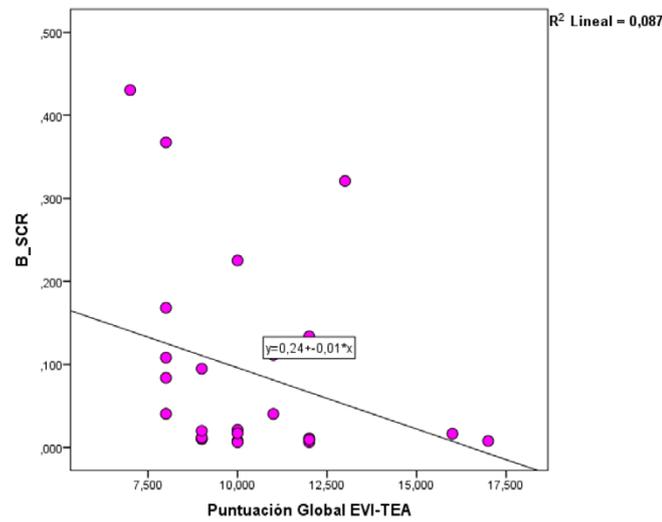


Figura 50: Gráfica de dispersión B\_SCR y puntuación global EVI-TEA.

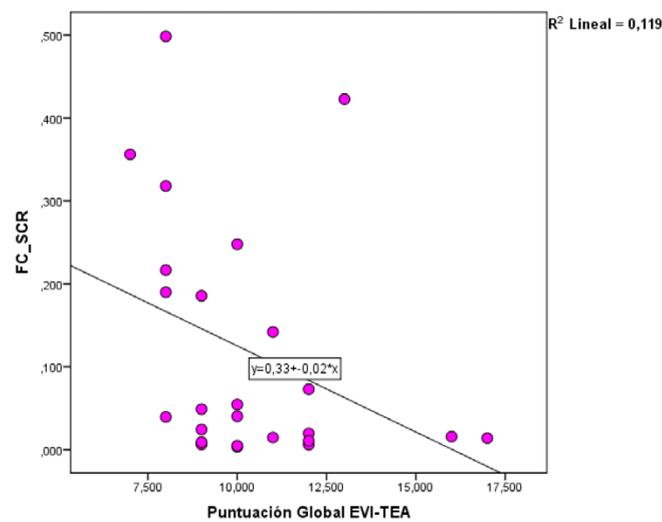


Figura 51: Gráfica de dispersión FC\_SCR y puntuación global EVI-TEA.

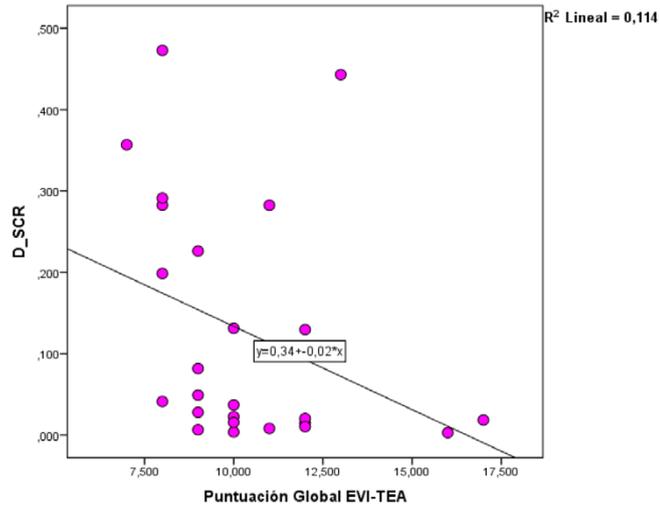


Figura 52: Gráfica de dispersión D\_SCR y puntuación global EVI-TEA.

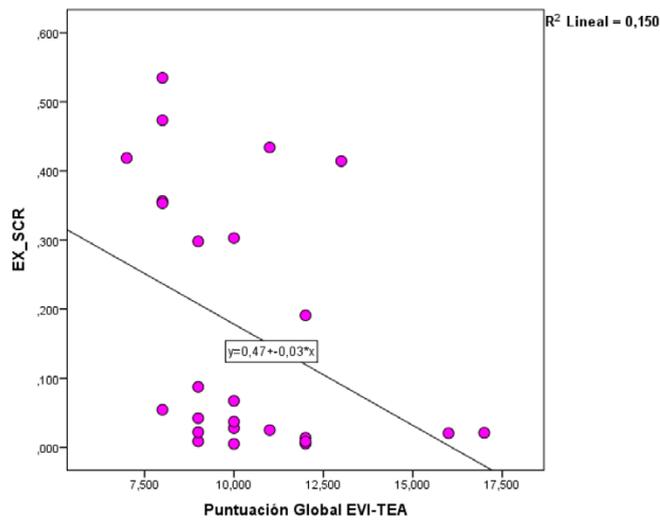


Figura 53: Gráfica de dispersión EX\_SCR y puntuación global EVI-TEA.

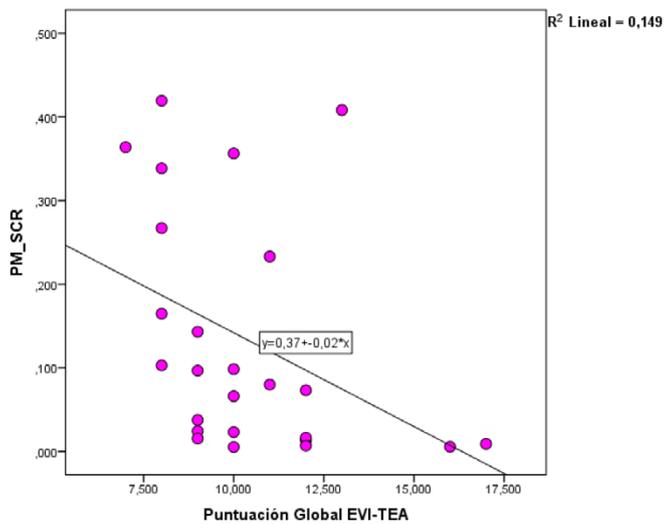


Figura 54: Gráfica de dispersión PM\_SCR y puntuación global EVI-TEA.

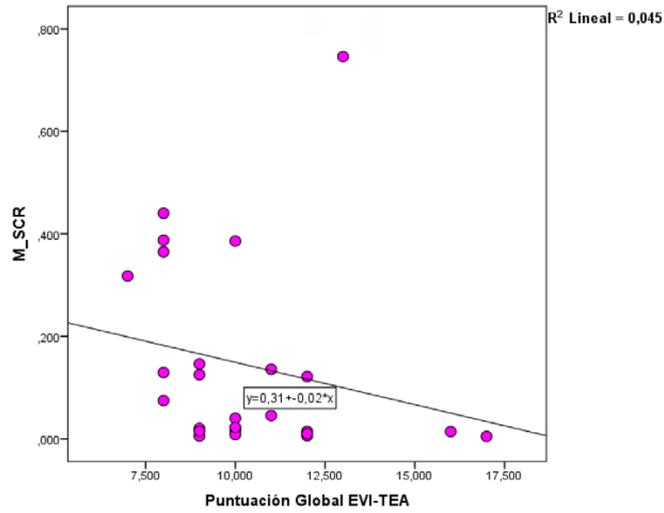


Figura 55: Gráfica de dispersión M\_SCR y puntuación global EVI-TEA.

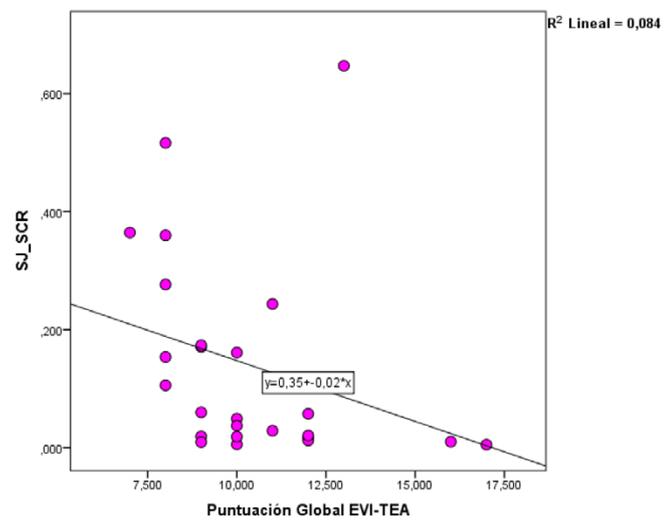


Figura 56: Gráfica de dispersión SJ\_SCR y puntuación global EVI-TEA.

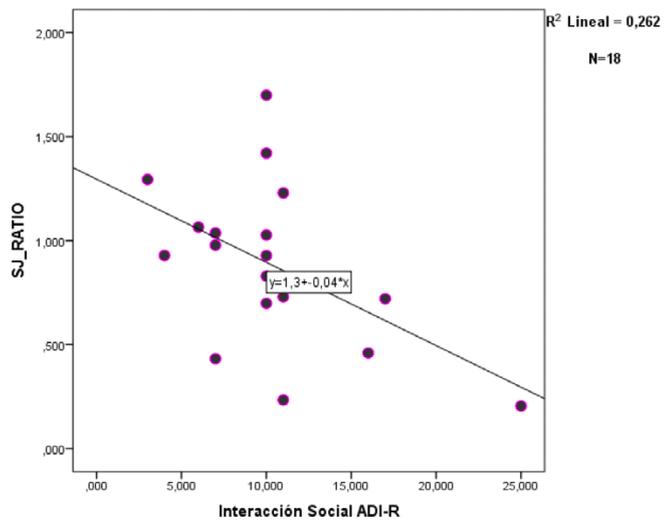


Figura 57: Gráfica de dispersión SC\_SCR y puntuación global EVI-TEA.

# **Anexo L**

Módulo 1  
*EVI-TEA*

Módulo 1

# ADOS-ME

**Datos de identificación:**

Nombre: \_\_\_\_\_  
 Codificación: \_\_\_\_\_ Nº sujeto: \_\_\_\_\_ Grupo: \_\_\_\_\_  
 Hora inicio: \_\_\_\_\_ Hora fin: \_\_\_\_\_  
 Fecha evaluación: \_\_\_\_\_  
 Fecha de nacimiento: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_  
 Peso: \_\_\_\_\_  
 Examinadoras: \_\_\_\_\_

**Señales:**

EDA \_\_\_\_\_ Descargado \_\_\_\_\_ SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_  
 ET \_\_\_\_\_ Descargado \_\_\_\_\_ SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_  
 Movimiento \_\_\_\_\_ Guardado \_\_\_\_\_ SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

**Información adicional:**

ADOS: SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_ Módulo \_\_\_\_\_  
 ADI-R: SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_  
 MP: SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_  
 SSP: SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_



**1. Pasillo central:**  
(Juego libre)

- ¿Cómo reacciona a la aparición del avatar? (lo mira, le responde, le sigue...)
- ¿Responde al saludo? ¿Cómo (gestual, vocal o ambos)?
- ¿Hace comentarios a las examinadoras? ¿Cuáles?
- ¿Dirige emociones hacia los demás? ¿Cómo?
- Observa todo el entorno (barrido) o se queda solo en una parte (izquierda, frontal, derecha)

*Muestra de comunicación:*

**2. Tren:**  
(Anticipación de una rutina con objetos)

- Observe las emociones del niño/a,
- La iniciación de atención conjunta,
- El disfrute compartido, las peticiones
- Las respuestas motoras (manierismos repetitivos).
- Anticipa si vuelve a salir tren (recorrido con la mirada a la puerta de salida)

*Muestra de comunicación:*

**3. Tiovivo:**  
(Juego con burbujas)

- Observe las emociones del niño/a, la iniciación de atención conjunta, el disfrute compartido, las peticiones y la conducta motora provocados mientras las burbujas están presentes.
- ¿El niño/a muestra algún comportamientos sensorial o movimiento inusual? (mirar lo cerca o lejos que se pone de la pantalla)
- ¿Cuándo se para el tiovivo mira a la terapeuta?
- Hace referencia a las pompas (gestual, verbal o ambas) aparece la conducta de señalar.

*Muestra de comunicación:*

**4. Basura:**

- Se produce señalado
- Inicia la atención conjunta.
- Muestra desagrado ¿Cómo?

**5. Puerta del FCAN:**

- ¿Da respuesta al avatar? ¿Cómo (gestual, verbal o ambas)?

**6. Dependiente:**  
(Respuesta a la sonrisa social)

- Evalúe si el niño/a sonríe en respuestas a:
  - A. Dependiente
  - B. Examinadoras ¿Cuál?
  - C. La combinación de la sonrisa del dependiente y de un sonido familiar o llamada que sugiera contacto físico (Cuando se va decir "¡Uy!, mira que se va y ¡qué te pillas!")
- ¿Fija la atención en la cara del dependiente?

*Muestra de comunicación:*

**7. Expositores:**  
(Anticipación de una rutina social)

- Evalúe la reacción emocional del niño/a (se ríe, lo imita, no hace nada,...)
- Expresión facial (cambia al tiempo que aparece el niño) ¿Cuál?
- Disfrute compartido

*Muestra de comunicación:*

**8. Puerta de "MERCACONDA":**

- ¿Da respuesta al avatar? ¿Cómo (gestual, verbal o ambas)?

**9. Cajas:**  
(Martida)

- ¿El niño/a indica preferencia por alguna comida?
- ¿Cómo?
  - Señala para indicar esa preferencia
  - Vocaliza esa preferencia (manzana o piruleta)

Muestra de comunicación:

**10. Marquesina:**

- ¿Da respuesta al avatar? ¿Cómo (gestual, verbal o ambas)?
- Señalado
- Inicia atención conjunta

Muestra de comunicación:

**11. Puerta del ARCADE:**

- ¿Da respuesta al avatar? ¿Cómo (gestual, verbal o ambas)?

Muestra de comunicación:

**12. Parque infantil:**  
(Respuesta a la atención conjunta)

- ¿El niño/a sigue un cambio simplemente de la mirada o sigue el cambio de la mirada cuanto está acompañado de un gesto de señalar con el dedo?
- Preste atención a los comportamientos del niño/a vocalizaciones, peticiones, el disfrute compartido, las iniciaciones de atención conjunta.

**13. Puerta del cine:**

- ¿Da respuesta al avatar? ¿Cómo (gestual, verbal o ambas)?

**Una vez el niño/a ha dado la respuesta**

¿Has ido alguna vez al cine?

SI

¿Qué peli has visto? X

Yo la que he visto es Gru mi villano favorito.

¿Te gustaría ver un trocito de la peli "Del revés" con nosotras?

NO

**14. CINE:**  
(Fiesta de cumpleaños/Conversación)

- Evaluar el interés y la habilidad del niño/a para integrarse en el "guion" de asistir al cine.
- Hasta qué punto el niño/a construye una conversación a partir de los comentarios de la examinadora, hace preguntas y realiza afirmaciones para facilitar una conversación reciproca?
- Hace referencias al olor de palomitas?

Muestra de comunicación:

**Durante la película (Conversación)**

¿Has visto la película "Del revés"?

¿Qué personaje es el que más te gusta?

¿Por qué?

## Codificación

Los rasgos generales que la siguien en esta sección deben cumplirse de acuerdo al comportamiento analizado por el niño a lo largo de la sesión de evaluación.

- Los rasgos deben incluir toda la conducta observada directamente durante la sesión de 400S 2 y no debe incluir nada en el contexto de una interacción o observado en otros contextos (i.e., en las declaraciones de los padres).
- Si un rasgo cumple con los criterios establecidos anteriormente, entonces no se debe poner marca de adaptación, los rasgos deben basarse en el análisis conductual, donde se ha establecido la conducta.
- Los rasgos deben seguirse inmediatamente después de la evaluación.
- Los rasgos se reportan en tres grandes categorías: "A. Lengua y comunicación"; "B. Habilidades motoras"; "C. Habilidades cognitivas"; "D. Comportamientos contextualizados a interacción social"; "E. Otros rasgos de adaptación social".

### A. Lengua y comunicación

El niño que no habla o que habla de manera ininteligible o que no cumple con los criterios de adaptación social en esta sección, se reportará en el apartado de "Otros rasgos de adaptación social".

**A1. Rasgos generales de lenguaje oral no escritos**

Este rasgo cubre la competencia de lenguaje oral en primera instancia que se produce durante la sesión. Entre rasgos se reportan rasgos que significan o representen los cambios que se han producido, o rasgos que representen los "cambios" que se están produciendo en el momento de la sesión, como "Rasgos nuevos" de los cambios en la sesión.

- ¿Se ha reportado los rasgos nuevos de los rasgos nuevos?
- ¿Se ha reportado los rasgos nuevos de los rasgos nuevos?
- ¿Se ha reportado los rasgos nuevos de los rasgos nuevos?
- ¿Se ha reportado los rasgos nuevos de los rasgos nuevos?

**A4. Presencia de las vocalizaciones espontáneas simples o silvas**

Esta rasgo cubre la presencia de vocalizaciones que se han producido durante la sesión, las vocalizaciones deben ser espontáneas para ser consideradas aquí.

EN EL NIÑO/A, un contexto pragmático, como los que se reportan en la categoría de rasgos nuevos, se debe reportar el rasgo de la intención de una determinada vocalización. Para cada rasgo de intención, se debe reportar el rasgo de la intención de una determinada vocalización. Para cada rasgo de intención, se debe reportar el rasgo de la intención de una determinada vocalización.

- ¿El niño/a produce vocalizaciones espontáneas simples o silvas?
- ¿El niño/a produce vocalizaciones espontáneas simples o silvas?
- ¿El niño/a produce vocalizaciones espontáneas simples o silvas?
- ¿El niño/a produce vocalizaciones espontáneas simples o silvas?

**Lenguaje y comunicación (continúa)**

**A3. Intención de las vocalizaciones o vocalizaciones**

Este rasgo cubre la intención de las vocalizaciones que se han producido durante la sesión, las vocalizaciones deben ser espontáneas para ser consideradas aquí.

- ¿El niño/a produce vocalizaciones espontáneas simples o silvas?
- ¿El niño/a produce vocalizaciones espontáneas simples o silvas?
- ¿El niño/a produce vocalizaciones espontáneas simples o silvas?
- ¿El niño/a produce vocalizaciones espontáneas simples o silvas?

A la hora de reportar las vocalizaciones que se han producido durante la sesión, se debe reportar el rasgo de la intención de una determinada vocalización.

**A5. Una vocalización o silva intencional de palabras o frases**

Este rasgo cubre la intención de las vocalizaciones que se han producido durante la sesión, las vocalizaciones deben ser espontáneas para ser consideradas aquí.

- ¿El niño/a produce vocalizaciones espontáneas simples o silvas?
- ¿El niño/a produce vocalizaciones espontáneas simples o silvas?
- ¿El niño/a produce vocalizaciones espontáneas simples o silvas?
- ¿El niño/a produce vocalizaciones espontáneas simples o silvas?

**A6. Intención de palabras**

Este rasgo cubre la intención de las palabras que se han producido durante la sesión, las palabras deben ser espontáneas para ser consideradas aquí.

- ¿El niño/a produce palabras espontáneas simples o silvas?
- ¿El niño/a produce palabras espontáneas simples o silvas?
- ¿El niño/a produce palabras espontáneas simples o silvas?
- ¿El niño/a produce palabras espontáneas simples o silvas?



**84. Poder**

La acción de poder se define como una institución con-veniente mediante la que, mediante un acto, se otorga a una persona el ejercicio de ciertos poderes, facultades o acciones, de modo que el sujeto que recibe el poder puede ejercerlos en su propio nombre, en beneficio de un tercero o en beneficio de sí mismo, de modo que el poder puede ser ejercido en beneficio de un tercero o en beneficio de sí mismo, de modo que el poder puede ser ejercido en beneficio de un tercero o en beneficio de sí mismo.

**85. Der**

Este término describe el hecho de que una persona que actúa en su propio nombre, pero que actúa en beneficio de un tercero, es un acto de poder. Este término describe el hecho de que una persona que actúa en su propio nombre, pero que actúa en beneficio de un tercero, es un acto de poder.

**86. Mostrar**

Este término describe el hecho de que una persona que actúa en su propio nombre, pero que actúa en beneficio de un tercero, es un acto de poder. Este término describe el hecho de que una persona que actúa en su propio nombre, pero que actúa en beneficio de un tercero, es un acto de poder.

**Intercorrelación (puntuación)**

**810. Intercorrelación de la actividad educativa**

Este término describe el hecho de que una persona que actúa en su propio nombre, pero que actúa en beneficio de un tercero, es un acto de poder. Este término describe el hecho de que una persona que actúa en su propio nombre, pero que actúa en beneficio de un tercero, es un acto de poder.

**811. Características de los instrumentos educativos**

Este término describe el hecho de que una persona que actúa en su propio nombre, pero que actúa en beneficio de un tercero, es un acto de poder. Este término describe el hecho de que una persona que actúa en su propio nombre, pero que actúa en beneficio de un tercero, es un acto de poder.

**812. Respuesta a la atención educativa**

Este término describe el hecho de que una persona que actúa en su propio nombre, pero que actúa en beneficio de un tercero, es un acto de poder. Este término describe el hecho de que una persona que actúa en su propio nombre, pero que actúa en beneficio de un tercero, es un acto de poder.

**814. Características de los instrumentos educativos / mantenimiento de la atención**

Este término describe el hecho de que una persona que actúa en su propio nombre, pero que actúa en beneficio de un tercero, es un acto de poder. Este término describe el hecho de que una persona que actúa en su propio nombre, pero que actúa en beneficio de un tercero, es un acto de poder.

**815. Características de los instrumentos educativos / mantenimiento de la atención: FAMILIAR O CUIDADOR**

Este término describe el hecho de que una persona que actúa en su propio nombre, pero que actúa en beneficio de un tercero, es un acto de poder. Este término describe el hecho de que una persona que actúa en su propio nombre, pero que actúa en beneficio de un tercero, es un acto de poder.

**Intercorrelación (puntuación)**

**816. Características de la respuesta educativa**

Este término describe el hecho de que una persona que actúa en su propio nombre, pero que actúa en beneficio de un tercero, es un acto de poder. Este término describe el hecho de que una persona que actúa en su propio nombre, pero que actúa en beneficio de un tercero, es un acto de poder.

**817. Nivel de implicación**

Este término describe el hecho de que una persona que actúa en su propio nombre, pero que actúa en beneficio de un tercero, es un acto de poder. Este término describe el hecho de que una persona que actúa en su propio nombre, pero que actúa en beneficio de un tercero, es un acto de poder.



# **Anexo M**

Módulo 2  
*EVI-TEA*

# ADOS-ME

Módulo 2

---

**Datos de identificación:**

Nombre: \_\_\_\_\_

Codificación: \_\_\_\_\_ Nº sujeto: \_\_\_\_\_ Grupo: \_\_\_\_\_

Hora inicio: \_\_\_\_\_ Hora fin: \_\_\_\_\_

Fecha evaluación: \_\_\_\_\_

Fecha de nacimiento: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_

Peso: \_\_\_\_\_

Examinadoras: \_\_\_\_\_

**Señales:**

EDA \_\_\_\_\_ Descargado \_\_\_\_\_ SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

ET \_\_\_\_\_ Descargado \_\_\_\_\_ SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

Movimiento \_\_\_\_\_ Guardado \_\_\_\_\_ SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

Información adicional: \_\_\_\_\_

ADOS: SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_ Módulo \_\_\_\_\_

ADI-R: SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

MP: SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

SSP: SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_



**1. Pasillo central:**  
(Juego libre) y (descripción de una imagen)

- ¿Cómo reacciona a la aparición del avatar? (lo mira, le responde, le sigue...)
- ¿Responde al saludo? ¿Cómo (gestual, vocal o ambos)?
- ¿Hace comentarios a las examinadoras? ¿Cuáles?
- ¿Dirige emociones hacia los demás? ¿Cómo?
- Observa todo el entorno (barrido) o se queda solo en una parte (izquierda, frontal, derecha)

Muestra de comunicación:

**Después de que se vaya el avatar**

Descripción de lo que ve en el pasillo central

**2. Tren:**  
(Anticipación de una rutina con objetos)

- Observe las emociones del niño/a,
- La iniciación de atención conjunta,
- El disfrute compartido, las peticiones
- Las respuestas motoras (manierismos repetitivos).
- Anticipa si vuelve a salir tren (recorrido con la mirada a la puerta de salida)

Muestra de comunicación:



**3. Tiovivo:**  
(Juego con burbujas)

- Observe las emociones del niño/a, la iniciación de atención conjunta, el disfrute compartido, las peticiones y la conducta motora provocados mientras las burbujas están presentes.
- ¿El niño/a muestra algún comportamiento sensorial o movimiento inusual? (mirar lo cerca o lejos que se pone de la pantalla)
- ¿Cuándo se para el tiovivo mira a la terapeuta?
- Hace referencia a las pompas (gestual, verbal o ambas) aparece la conducta de señalar.

Muestra de comunicación:

**4. Basura:**

- Se produce señalado
- Inicia la atención conjunta.
- Muestra desagrado ¿Cómo?

**5. Puerta del FCAN:**

- ¿Da respuesta al avatar? ¿Cómo (gestual, verbal o ambas)?



**6. Dependiente:**  
(Respuesta a la sonrisa social)

- Evalúe si el niño/a sonríe en respuestas a:
  - Dependiente
  - Examinadoras ¿Cuál?
  - La combinación de la sonrisa del dependiente y de un sonido familiar o llamada que sugiera contacto físico (Cuando se va decir "¡Ay!, mira que se va y ¡qué te pillai")
- ¿Fija la atención en la cara del dependiente?

Muestra de comunicación:

**7. Expositores:**  
(Anticipación de una rutina social)

- Evalúe la reacción emocional del niño/a (se ríe, lo imita, no hace nada,...)
- Expresión facial (cambia al tiempo que aparece el niño) ¿Cuál?
- Disfrute compartido

Muestra de comunicación:

**8. Puerta de "MERCAONDA":**

- ¿Da respuesta al avatar? ¿Cómo (gestual, verbal o ambas)?

Muestra de comunicación:



**9. Cajas:**  
(Merienda)

- ¿El niño/a indica preferencia por alguna comida?
- ¿Cómo?

A. Señala para indicar esa preferencia  
B. Vocaliza esa preferencia (manzana o piruleta)

Muestra de comunicación:

**10. Marquesina:**

- ¿Da respuesta al avatar? ¿Cómo (gestual, verbal o ambas)?
- Señalado
- Inicia atención conjunta

**11. Puerta del ARCADE:**

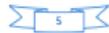
- ¿Da respuesta al avatar? ¿Cómo (gestual, verbal o ambas)?

Muestra de comunicación:

**12. Parque infantil:**  
(Respuesta a la atención conjunta)

- ¿El niño/a sigue un cambio simplemente de la mirada o sigue el cambio de la mirada cuando está acompañado de un gesto de señalar con el dedo?
- Preste atención a los comportamientos del niño/a vocalizaciones, peticiones, el disfrute compartido, las iniciaciones de atención conjunta.

Muestra de comunicación:



**13. Puerta del cine:**

- ¿Da respuesta al avatar? ¿Cómo (gestual, verbal o ambas)?

**Una vez el niño/a ha dado la respuesta**  
¿Has ido alguna vez al cine?  
SI  
¿Qué peli has visto? X  
Yo la que he visto es Gru mi villano favorito.  
¿Te gustaría ver un trocito de la peli "Del revés" con nosotras?

**14. CINE:**  
(Fiesta de cumpleaños/Conversación/Contar una historia)

- Evaluar el interés y la habilidad del niño/a para integrarse en el "guión" de asistir al cine.
- Hasta qué punto el niño/a construye una conversación a partir de los comentarios de la examinadora, hace preguntas y realiza afirmaciones para facilitar una conversación recíproca?
- Hace referencias al olor de palomitas?

Muestra de comunicación:

**Durante la película (Conversación)**  
¿Has visto la película "Del revés"?  
¿Qué personaje es el que más te gusta?  
¿Por qué?  
¿Te gusta ir al cine normalmente?  
¿Con quién sueles ir?  
¿Qué tipo de películas te gusta ver?  
**Al finalizar la película**  
Contar lo que ha visto (hacer un resumen)



**Codificación**

- Los alfabéticos se escriben en un orden determinado que permite leer el comportamiento observado por el niño y lo que se le va enseñando.
- Los rasgos se agrupan en un orden determinado directamente durante la aplicación del ADO. No se debe tener en cuenta el comportamiento del niño/a al momento de aplicar el ADO, sino los comportamientos de los padres.
- Si el comportamiento del niño/a cambia completamente durante la aplicación del ADO, los rasgos deben volver a ser aplicados.
- Los rasgos se aplican en un orden determinado que permite leer el comportamiento.
- Los rasgos se aplican en un orden determinado que permite leer el comportamiento.

**A. Lenguaje y comunicación**

Aunque puede haber un nivel de comunicación que permita la adquisición independiente de la habilidad, se debe tener en cuenta que el niño/a debe estar en un nivel de comunicación que permita la adquisición de la habilidad.

**A1. Nivel general de lenguaje oral o escrito:**

Este nivel codifica la capacidad del lenguaje oral o escrito en un nivel de comunicación que permite leer el comportamiento del niño/a al momento de aplicar el ADO. No se debe tener en cuenta el comportamiento del niño/a al momento de aplicar el ADO, sino los comportamientos de los padres.

1- El niño/a habla o escribe en un nivel de comunicación que permite leer el comportamiento del niño/a al momento de aplicar el ADO. No se debe tener en cuenta el comportamiento del niño/a al momento de aplicar el ADO, sino los comportamientos de los padres.

2- El uso de palabras o frases en un nivel de comunicación que permite leer el comportamiento del niño/a al momento de aplicar el ADO. No se debe tener en cuenta el comportamiento del niño/a al momento de aplicar el ADO, sino los comportamientos de los padres.

3- El uso de palabras o frases en un nivel de comunicación que permite leer el comportamiento del niño/a al momento de aplicar el ADO. No se debe tener en cuenta el comportamiento del niño/a al momento de aplicar el ADO, sino los comportamientos de los padres.

**A2. Descripción del nivel de comunicación:**

Este nivel codifica la capacidad del lenguaje oral o escrito en un nivel de comunicación que permite leer el comportamiento del niño/a al momento de aplicar el ADO. No se debe tener en cuenta el comportamiento del niño/a al momento de aplicar el ADO, sino los comportamientos de los padres.

1- El niño/a habla o escribe en un nivel de comunicación que permite leer el comportamiento del niño/a al momento de aplicar el ADO. No se debe tener en cuenta el comportamiento del niño/a al momento de aplicar el ADO, sino los comportamientos de los padres.

2- El uso de palabras o frases en un nivel de comunicación que permite leer el comportamiento del niño/a al momento de aplicar el ADO. No se debe tener en cuenta el comportamiento del niño/a al momento de aplicar el ADO, sino los comportamientos de los padres.

3- El uso de palabras o frases en un nivel de comunicación que permite leer el comportamiento del niño/a al momento de aplicar el ADO. No se debe tener en cuenta el comportamiento del niño/a al momento de aplicar el ADO, sino los comportamientos de los padres.



**Lenguaje y comunicación (continúa)**

**A4. Interacción comunicativa:**

1- El niño/a habla o escribe en un nivel de comunicación que permite leer el comportamiento del niño/a al momento de aplicar el ADO. No se debe tener en cuenta el comportamiento del niño/a al momento de aplicar el ADO, sino los comportamientos de los padres.

2- El uso de palabras o frases en un nivel de comunicación que permite leer el comportamiento del niño/a al momento de aplicar el ADO. No se debe tener en cuenta el comportamiento del niño/a al momento de aplicar el ADO, sino los comportamientos de los padres.

3- El uso de palabras o frases en un nivel de comunicación que permite leer el comportamiento del niño/a al momento de aplicar el ADO. No se debe tener en cuenta el comportamiento del niño/a al momento de aplicar el ADO, sino los comportamientos de los padres.

**A5. Conversación:**

Este nivel codifica la capacidad del lenguaje oral o escrito en un nivel de comunicación que permite leer el comportamiento del niño/a al momento de aplicar el ADO. No se debe tener en cuenta el comportamiento del niño/a al momento de aplicar el ADO, sino los comportamientos de los padres.

1- El niño/a habla o escribe en un nivel de comunicación que permite leer el comportamiento del niño/a al momento de aplicar el ADO. No se debe tener en cuenta el comportamiento del niño/a al momento de aplicar el ADO, sino los comportamientos de los padres.

2- El uso de palabras o frases en un nivel de comunicación que permite leer el comportamiento del niño/a al momento de aplicar el ADO. No se debe tener en cuenta el comportamiento del niño/a al momento de aplicar el ADO, sino los comportamientos de los padres.

3- El uso de palabras o frases en un nivel de comunicación que permite leer el comportamiento del niño/a al momento de aplicar el ADO. No se debe tener en cuenta el comportamiento del niño/a al momento de aplicar el ADO, sino los comportamientos de los padres.







**ADOS-2** **Algoritmos Módulo 2**

Nombre del niño: \_\_\_\_\_ Sexo: (Varo/ M) \_\_\_\_\_  
 Fecha de nacimiento: \_\_\_\_\_ Fecha de evaluación: \_\_\_\_\_  
 Edad cronológica: \_\_\_\_\_ Diagnóstico: \_\_\_\_\_

**CONSEJERÍA DE LA CALIDAD DE LA EDUCACIÓN Y DE LA FAMILIA Y DEL DEPARTAMENT D'EDUCACIÓ I DE LA FAMILIA DE LES ILLES BALEARS**

**CONSEJO DE LA CALIDAD DE LA EDUCACIÓN Y DE LA FAMILIA Y DEL DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN Y DE LA FAMILIA DE LAS ILLES BALEARES**

Definición: Este algoritmo convierte los valores obtenidos en los ítems de puntuación de los ítems en puntuaciones de los ítems de los algoritmos.

1 = Nunca, 2 = Casi nunca, 3 = A veces, 4 = Casi siempre, 5 = Siempre

**AFILIACIÓN SOCIAL (AS)**

Conocimiento de la cara (CA-40)  
 Diferencia de expresiones: reconocimiento de caras felices y tristes (CA-15)  
 Interacción social (IS-10)  
 Descripción visual (IS-10)  
 Características faciales (IS-10)  
 Reflejo compartido durante la interacción (IS-10)  
 Mirar (IS-10)  
 Interacción espontánea de la atención conjunta (IS-10)  
 Escucha de instrucciones y comprensión verbal (IS-10)  
 Capacidad de comunicación verbal (IS-10)  
 Calidad general de la interacción (IS-10)

**COMPORTAMIENTO RESTRINGIDO Y REPETITIVO (CRR)**

Comportamiento restringido y repetitivo (CRR-40)  
 Interacción con objetos (CRR-15)  
 Interacción con personas (CRR-15)  
 Movimientos de manos y objetos y actividades repetitivas (CRR-10)  
 Interacción social restringida y comportamientos repetitivos (CRR-10)

**Puntuación Total Global (TGS)**

**Puntuación Total Global (TGS)**

Suma la suma de los ítems de puntuación de los ítems de AS y CRR en el algoritmo AS-CRR.

**CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN**

Clasificación ADOS-2: \_\_\_\_\_

Descripción general: \_\_\_\_\_

**ADOS-2** **Algoritmos Módulo 2**

**Conversión de la puntuación Total global a la Clasificación del ADOS-2**

**CLASIFICACIÓN DEL ADOS-2**

Compare la puntuación Total global con los siguientes puntos de corte de acuerdo al tipo de algoritmo del módulo 2 utilizado.

	MEJORES DE 5 AÑOS	5 AÑOS O MÁS
Autismo	10	7
Espectro autista	7	5

Después, según la clasificación del ADOS-2 correspondiente, en función de los siguientes criterios:

<b>Autismo</b>	<p>Interacción social (AS) y CRR mayor a igual que el punto de corte de puntuación:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Menos de 5 años → Total global &gt; 10</li> <li>5 años o más → Total global &gt; 7</li> </ul>
<b>Espectro autista</b>	<p>Puntuación TOTAL GLOBAL mayor a igual que el punto de corte de espectro autista, pero menor que el punto de corte de autismo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Menos de 5 años → Total global &gt; 7</li> <li>5 años o más → Total global &gt; 5</li> </ul>
<b>No TEA</b>	<p>Puntuación TOTAL GLOBAL menor que el punto de corte de espectro autista:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Menos de 5 años → Total global &lt; 7</li> <li>5 años o más → Total global &lt; 5</li> </ul>

Así se la clasificación obtenida al sumar el total de los ítems de "Clasificación del ADOS-2".

# **Anexo N**

Módulo 3  
*EVI-TEA*

# ADOS-ME

## Módulo 3

---

**Datos de identificación:**

Nombre: \_\_\_\_\_

Codificación: \_\_\_\_\_ Nº sujeto: \_\_\_\_\_ Grupo: \_\_\_\_\_

Hora inicio: \_\_\_\_\_ Hora fin: \_\_\_\_\_

Fecha evaluación: \_\_\_\_\_

Fecha de nacimiento: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_

Peso: \_\_\_\_\_

Examinadoras: \_\_\_\_\_

**Señales:**

EDA \_\_\_\_\_ Descargado \_\_\_\_\_ SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

ET \_\_\_\_\_ Descargado \_\_\_\_\_ SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

Movimiento \_\_\_\_\_ Guardado \_\_\_\_\_ SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

Información adicional: \_\_\_\_\_

ADOS: SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_ Módulo \_\_\_\_\_

ADI-R: SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

MP: SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

SSP: SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_



**1. Pasillo central:**  
(Juego libre) y (descripción de una imagen)

- ¿Cómo reacciona a la aparición del avatar? (lo mira, le responde, le sigue...)
- ¿Responde al saludo? ¿Cómo (gestual, vocal o ambos)?
- ¿Hace comentarios a las examinadoras? ¿Cuáles?
- ¿Dirige emociones hacia los demás? ¿Cómo?
- ¿Observa todo el entorno (barrido) o se queda solo en una parte (izquierda, frontal, derecha)?

**Después de que se vaya el avatar**  
Descripción de lo que ve en el pasillo central

¿Tiene amigos? ¿Me puedes contar algo de ellos?  
 ¿Qué os gusta hacer juntos?  
 ¿Cómo llegaste a conocerles?  
 ¿Qué significa para ti ser amigo?  
 ¿Cómo sabes que alguien es tu amigo?  
 ¿Cuál es la diferencia entre un amigo y alguien que solo ves en la escuela?

**2. Tren:**  
(Anticipación de una rutina con objetos)

- Observe las emociones del niño/a,
- La **iniciación de atención conjunta**,
- El disfrute compartido, las peticiones
- Las **respuestas motoras** (manerismos repetitivos).

Anticipa si vuelve a salir tren (recorrido con la mirada a la puerta de salida)

Muestra de comunicación:



**3. Tiovivo:**  
(Juego con burbujas)

- Observe las emociones del niño/a, la iniciación de atención conjunta, el disfrute compartido, las peticiones y la conducta motora provocados mientras las burbujas están presentes.
- ¿El niño/a muestra algún comportamiento sensorial o movimiento inusual? (mirar lo cerca o lejos que se pone de la pantalla)
- ¿Cuándo se para el tiovivo mira a la terapeuta?
- Hace referencia a las pompas (gestual, verbal o ambas) aparece la conducta de señalar.

Muestra de comunicación:

**4. Basura:**

- Se produce señalado
- Inicia la atención conjunta.
- Muestra desagrado ¿Cómo?

**5. Puerta del FCAN:**

- ¿Da respuesta al avatar? ¿Cómo (gestual, verbal o ambas)?



**6. Dependiente:**  
(Respuesta a la sonrisa social)

- Evalúe si el niño/a sonríe en respuestas a:
  - Dependiente
  - Examinadoras ¿Cuál?
  - La combinación de la sonrisa del dependiente y de un sonido familiar o llamada que sugiera contacto físico (Cuando se va decir "¡Yi!, mira que se va y ¡qué te pillas!")
- ¿Fija la atención en la cara del dependiente?

Muestra de comunicación:

**7. Expositores:**  
(Anticipación de una rutina social)

- Evalúe la reacción emocional del niño/a (se ríe, lo imita, no hace nada...)
- Expresión facial (cambia al tiempo que aparece el niño) ¿Cuál?
- Disfrute compartido

Muestra de comunicación:

**8. Puerta de "MERCACIONDA":**

- ¿Da respuesta al avatar? ¿Cómo (gestual, verbal o ambas)?

Muestra de comunicación:







**87. Características de las interacciones sociales**

Una vez que se ha establecido el contexto en el que se desarrolla la interacción social, es necesario tener en cuenta una serie de características que definen a esta interacción social como un fenómeno social. Estas características se refieren a los aspectos que definen a la interacción social como un fenómeno social, a los aspectos que definen a la interacción social como un fenómeno social, y a los aspectos que definen a la interacción social como un fenómeno social.

**88. Cambios de las interacciones sociales / mantenimiento de la atención**

Una vez que se ha establecido el contexto en el que se desarrolla la interacción social, es necesario tener en cuenta una serie de características que definen a esta interacción social como un fenómeno social. Estas características se refieren a los aspectos que definen a la interacción social como un fenómeno social, a los aspectos que definen a la interacción social como un fenómeno social, y a los aspectos que definen a la interacción social como un fenómeno social.

13

**Intercambio social (continuación)**

**89. Calidad de la respuesta social**

Una vez que se ha establecido el contexto en el que se desarrolla la interacción social, es necesario tener en cuenta una serie de características que definen a esta interacción social como un fenómeno social. Estas características se refieren a los aspectos que definen a la interacción social como un fenómeno social, a los aspectos que definen a la interacción social como un fenómeno social, y a los aspectos que definen a la interacción social como un fenómeno social.

**90. Calidad general de la relación**

Una vez que se ha establecido el contexto en el que se desarrolla la interacción social, es necesario tener en cuenta una serie de características que definen a esta interacción social como un fenómeno social. Estas características se refieren a los aspectos que definen a la interacción social como un fenómeno social, a los aspectos que definen a la interacción social como un fenómeno social, y a los aspectos que definen a la interacción social como un fenómeno social.

14

**Comportamientos estereotipados e intereses restringidos**

Definición de comportamiento estereotipado y de interés restringido.

**91. Interés restringido en los materiales de juego en los pautados**

Una vez que se ha establecido el contexto en el que se desarrolla la interacción social, es necesario tener en cuenta una serie de características que definen a esta interacción social como un fenómeno social. Estas características se refieren a los aspectos que definen a la interacción social como un fenómeno social, a los aspectos que definen a la interacción social como un fenómeno social, y a los aspectos que definen a la interacción social como un fenómeno social.

**92. Mantenimiento de manos y dedos y otros mantenimientos complejos**

Una vez que se ha establecido el contexto en el que se desarrolla la interacción social, es necesario tener en cuenta una serie de características que definen a esta interacción social como un fenómeno social. Estas características se refieren a los aspectos que definen a la interacción social como un fenómeno social, a los aspectos que definen a la interacción social como un fenómeno social, y a los aspectos que definen a la interacción social como un fenómeno social.

**93. Conducta autistaiva**

Una vez que se ha establecido el contexto en el que se desarrolla la interacción social, es necesario tener en cuenta una serie de características que definen a esta interacción social como un fenómeno social. Estas características se refieren a los aspectos que definen a la interacción social como un fenómeno social, a los aspectos que definen a la interacción social como un fenómeno social, y a los aspectos que definen a la interacción social como un fenómeno social.

15

**94. Interés exclusivo o referencial a temas u objetos, intereses u aficiones específicas o comportamientos repetitivos**

Una vez que se ha establecido el contexto en el que se desarrolla la interacción social, es necesario tener en cuenta una serie de características que definen a esta interacción social como un fenómeno social. Estas características se refieren a los aspectos que definen a la interacción social como un fenómeno social, a los aspectos que definen a la interacción social como un fenómeno social, y a los aspectos que definen a la interacción social como un fenómeno social.

**95. Compulsiones e rituales**

Una vez que se ha establecido el contexto en el que se desarrolla la interacción social, es necesario tener en cuenta una serie de características que definen a esta interacción social como un fenómeno social. Estas características se refieren a los aspectos que definen a la interacción social como un fenómeno social, a los aspectos que definen a la interacción social como un fenómeno social, y a los aspectos que definen a la interacción social como un fenómeno social.

16

**ADOS 2** **Algoritmos Módulo 3**

Administración: \_\_\_\_\_ Sexo: Varón  Mujer

Fecha de nacimiento: \_\_\_\_\_ Fecha de evaluación: \_\_\_\_\_

Nombre del sujeto: \_\_\_\_\_ Identificación: \_\_\_\_\_

**CONSTRUCCIÓN DE LOS SUBTESTOS Y LA PUNTAJE TOTAL GLOBAL (TGG)**

Deberá completar los subtestos asignados a los ítems y puntuación de cada uno de ellos en los siguientes rangos:

0 → 10      2 → 7      1 → 10      0 → 10

1 → 1      1 → 2      2 → 10      0 → 10

**Atención Social (AS)**

Comunicación: \_\_\_\_\_ (0-7)

Formación de diálogos: \_\_\_\_\_ (0-3)

Interacciones: \_\_\_\_\_ (0-3)

Conversaciones, espontáneas, intencionales, intencionalmente incorrectas: \_\_\_\_\_ (0-4)

**Interacción social recíproca**

Comportamiento social: \_\_\_\_\_ (0-3)

Exhibición de comportamientos sociales: \_\_\_\_\_ (0-3)

Distinción entre el sujeto y la interacción: \_\_\_\_\_ (0-1)

Efectos físicos de las interacciones sociales: \_\_\_\_\_ (0-1)

Calidad de la respuesta social: \_\_\_\_\_ (0-1)

Uso de la información social recíproca: \_\_\_\_\_ (0-3)

Calidad general de la interacción: \_\_\_\_\_ (0-3)

**Comportamiento restringido y repetitivo (CRR)**

Quejas, intereses restringidos y repetitivos:

Una enfermedad o síndrome de palabras o frases: \_\_\_\_\_ (0-4)

Interés sensorial anormal en los materiales de juego o en las personas: \_\_\_\_\_ (0-3)

Interacciones de mano y mano y otras manifestaciones compulsivas: \_\_\_\_\_ (0-3)

Interés anormal en los números o letras o en otros símbolos abstractos: \_\_\_\_\_ (0-1)

**TOTAL AS** \_\_\_\_\_

**TOTAL CRR** \_\_\_\_\_

**PUNTAJE TOTAL GLOBAL (TGG)** \_\_\_\_\_

El ítem de interés restringido y repetitivo se suma a puntuación TOTAL GLOBAL y a clasificación ADOS 2.

**CLASIFICACIÓN Y DIAGNÓSTICO**

Clasificación del ADOS 2: \_\_\_\_\_

Diagnóstico general: \_\_\_\_\_

**Conversión de la puntuación Total global a la Clasificación del ADOS-2**

**CLASIFICACIÓN DEL ADOS 2**

Conectar el puntaje de Total global con las siguientes puntuaciones de corte del ítem 5:

Autismo	9
Espectro autista	7

Después, según el puntaje obtenido en el ítem 5, correspondiente, se marcará en el siguiente formato:

<b>Autismo</b>	Puntuación TOTAL (TGG) mayor o igual que el punto de corte de la clasificación:
	• Total global > 9
<b>Espectro autista</b>	Puntuación TOTAL (TGG) mayor o igual que el punto de corte de espectro autista pero menor que el punto de corte de la clasificación:
	• 7 < Total global < 8
<b>No TEA</b>	Puntuación TOTAL (TGG) menor que el punto de corte de espectro autista:
	• Total global < 7

Antes de clasificación debe rellenar de este último en el campo "Clasificación del ADOS 2".



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA