



Universidad Nacional Autónoma de México
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN PSICOLOGÍA

**REPRESENTACIÓN DE LA NAVEGACIÓN EN NIÑOS CON TRASTORNO DEL
ESPECTRO AUTISTA**

TESIS

**QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE
MAESTRIA EN PSICOLOGÍA**

PRESENTA:

CINDY OCEÁNIDA ZURITA BAUTISTA

DIRECTOR:

DR. FELIPE CRUZ PÉREZ
FACULTAD DE PSICOLOGÍA

COMITÉ:

DR. GERARDO ORTIZ MONCADA
FACULTAD DE PSICOLOGÍA
DRA. MARÍA FAYNE ESQUIVEL ANCONA
FACULTAD DE PSICOLOGÍA
DRA. IRMA YOLANDA DEL RÍO PORTILLA
FACULTAD DE PSICOLOGÍA
DRA. MARÍA DOLORES RODRÍGUEZ ORTIZ
FACULTAD DE PSICOLOGÍA

Ciudad de México

ABRIL 2019



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Reconocimiento:

Agradezco el apoyo y orientación de profesores quienes en diversos momentos, han estado implicados en el desarrollo y discusión de este trabajo, ya sea de manera directa discutiéndola o bien a partir de seminarios cursados durante la maestría, en los que aborde el estudio de la cognición espacial con miras a estructurar esta propuesta de trabajo.

Agradezco a mis compañeros de maestría de la Facultad de Psicología, quienes fueron altamente competitivos y ante quienes fue importante la discusión de ideas con sustento. Llevando a que obtuviéramos una formación muy exigente no solo dada por las necesidades que el programa y los pacientes de esta residencia demandan, sino por lo que la pertenencia a esta generación de estudiantes exigió. También a mis compañeros del Laboratorio de Cognición y Desarrollo, quienes me apoyaron en la implementación de programas de intervención, tareas, evaluación, valoración, en los seminarios de discusión de tesis. Algunos siguen en el laboratorio, otros ya están en otros proyectos. No escribo el nombre de todos por el riesgo de cambiar el nombre de alguno, pero cada uno sabe que formaron parte de este equipo. A mi amigo de familia, el arquitecto Gustavo Adolfo Carrasco Gómez por su apoyo en el diseño de materiales para la aplicación de esta tesis. En conjunto, él junto con mis compañeros de laboratorio, contribuyeron a que muchas ideas logaran ser plasmadas en esta tesis. Su apoyo para realizar aplicaciones, observaciones, discusiones respecto a esta investigación, me permiten decir que esta investigación es producto de un trabajo en equipo.

Por supuesto, a los participantes de esta investigación y sus tutores, quienes acudieron a todas las sesiones de evaluación-valoración. En ocasiones algunos de ellos vinieron de otros estados, realizaron viajes de varias horas para llegar a la UNAM. Siempre acudieron puntuales y muy dispuestos al trabajo que realizamos.

A la Dra Irma Yolanda, Dra. Dolores Rodríguez, Dr Gerardo Ortiz Moncada, Dra Fayne Ancona, miembros del comité de esta tesis, quienes enriquecieron este estudio con sus observaciones y enseñanza. A mi tutor, el Dr Felipe Cruz quien además de ser un pilar en mi formación, abrió una ventana en la cual observé que la práctica clínica de la neuropsicología que es compatible con la psicología del desarrollo, a partir del Análisis por Tareas Neuropsicológicamente Orientadas.

Agradezco a las personas que más quiero, a quienes en diferentes momentos de la vida han recorrido conmigo veredas con pendientes de grados variables: a mi mamá, mi papá, a todos mis hermanos y a las personas que amo.

“Hay hombres que luchan un día y son buenos.

Hay otros que luchan un año y son mejores.

Hay quienes luchan muchos años y esos son muy buenos.

Pero hay los que lucha toda la vida,

esos son los imprescindibles.”

Bertolt Brecht

Para Tobi y Bisbi



INDICE

Resumen.....	8
Introducción	10
Antecedentes.....	13
1.1 Trastornos del Espectro Autista (TEA).	13
1.1.1 Trastornos del espectro autista como continuo.....	15
1.1.2. Trastornos del espectro autista como noción politética.	20
2. Formación de la Representación Espacial durante la Navegación	23
2.1. Finalidad.....	25
2.2. Percepción: claves alotéticas e idiotéticas.....	28
2.2.1 Alotéticas visuales.	29
2.2.2 Alotéticas auditivas.....	30
2.2.3. Alotéticas táctiles.	32
2.2.4. Alotéticas olfativas.	32
2.2.5. Alotéticas por estimulación vestibular provocada.	33
2.2.6. Alotéticas por modalidades sensoriales combinadas.....	34
2.2.7. Idiotéticas taxonómicas.....	35
2.2.8. Idiotéticas por estrategia práctica	37
2.3 Orientadores: relaciones espaciales.....	39
2.3.1. Relaciones egocéntricas	40
2.3.2. Relaciones alocéntricas	42
2.3.3. Transformación de relaciones egocéntricas a alocéntricas.....	46

2.3.4. Integración de relaciones egocéntricas y allocéntricas.	49
2.3.5. Relaciones topológicas, proyectivas y euclidianas	50
2.4. Medios-herramientas.	52
2.4.1. Agarre manual	54
2.4.2. Gestos	56
2.4.3. Habla: regulación verbal.	58
2.4.4. Lectoescritura	60
2.4.5. Lectura de cartografías	61
2.4.6. Imágenes de perspectivas	62
2.4.7. Dibujos.....	63
2.5. Funciones y procesos durante la navegación.....	63
2.5.1. Control motor	64
2.5.2. Planeación, flexibilidad cognitiva y selección de ruta.	64
2.5.3. Memoria.	65
2.5.4. Imaginación	67
2.6. Navegación en el desarrollo.	68
3. Cognición Espacial durante la Navegación en los TEA	72
3.1. Finalidad.....	73
3.2. Percepción: claves alotéticas e idiotéticas.....	75
3.2.1. Procesamiento de claves Alotéticas	75
3.2.2. Idiotéticas	79
3.3. Orientadores: relaciones espaciales.	79
3.3.1. Relaciones egocéntricas y allocéntricas.	80

3.4. Medios-herramientas.	83
3.4.1. Agarre manual	83
3.4.2. Gestos	84
3.4.3. Habla: regulación verbal	85
3.4.4. Lectoescritura	87
3.4.5. Dibujos.....	87
3.5. Funciones y procesos durante la navegación.....	88
3.5.1. Control motor	88
3.5.2. Funciones ejecutivas en la navegación: Atención, flexibilidad cognitiva en la selección de ruta y memoria de trabajo.....	89
3.5.3. Memoria	92
3.5.4. Imaginación	94
4. Justificación	95
5. Objetivos	100
5.1. Objetivo general	100
5.2. Objetivos específicos.	100
6. Método.....	101
6.1. Muestra.....	101
6.2. Materiales.	102
6.2.1. Valoración por Tareas Neuropsicológicamente Orientada	102
6.2.2. Análisis Correlacional.....	103
6.3. Procedimiento	104
6.3.1. Selección del reforzador.....	104

6.3.2. Fase I: familiarización con la tarea.....	104
6.3.3. Fase II: valoración por tareas neuropsicológicamente orientadas	105
6.4. Escenario.	106
6.5. Análisis de resultados.	107
6.5.1. Registro Variables en la NavVal-PE.....	107
6.5.2. Análisis del error en NavVal-PE	110
6.5.3. Análisis de Valores Discrepantes (outlyers) y Correlaciones.	111
7. Resultados	113
7.1. Resultados en la NavVal-PE.....	113
7.1.1. Turnos empleados para llegar a la meta	113
7.1.2. Unidades de análisis NavVal-PE.....	113
7.1.3. Análisis del error en la NavVal-PE.....	127
7.2. Análisis de Valores Discrepantes (outlyers) y Correlaciones.	129
7.2.1. Análisis de valores discrepantes en Funciones y Procesos (Percepción, Motricidad, Funcionamiento Ejecutivo y Memoria) medidos con la ENI.	129
7.2.2. Análisis de valores discrepantes entre habilidades Motoras, Perceptuales, Memoria, Habilidades Espaciales y Funcionamiento Ejecutivo, medidos con la ENI.	129
7.2.3. Análisis de valores discrepantes en Comprensión Verbal, Razonamiento Perceptual, Velocidad de Procesamiento y Memoria de Trabajo (Indices Compuestos) de la Escala de Inteligencia Wechsler.	132
7.2.4. Correlación entre Funciones y Procesos (Percepción, Motricidad, Memoria y Funcionamiento Ejecutivo), con la habilidad de Comprender instrucciones verbales para la Navegación (CMDI). Percentiles ENI.....	133

7.2.5. Correlación entre habilidades Motoras, Perceptuales, Memoria, Habilidades Espaciales y Funcionamiento Ejecutivo, con la habilidad de Comprender instrucciones verbales para la Navegación (CMDI). Puntuaciones Percentil ENI.....	134
7.2.6. Correlación entre Comprensión Verbal, Razonamiento Perceptual, Velocidad de Procesamiento y Memoria de Trabajo (WISC IV), con la habilidad de Comprender instrucciones verbales para la Navegación (CMDI) medida con la ENI.....	136
7.2.7. Correlación Funciones y Procesos (Percepción, Motricidad, Memoria y Funcionamiento Ejecutivo), con la habilidad de dirigir la navegación mediante el habla (EXDI). Puntuaciones Percentil ENI.	137
7.2.8. Correlación entre habilidades Motoras, Perceptuales, Memoria, Habilidades Espaciales y Funcionamiento Ejecutivo, con la habilidad de dirigir la navegación mediante el habla (EXDI). Puntuaciones Percentil ENI.....	138
7.2.9. Correlación entre Comprensión Verbal, Razonamiento Perceptual, Velocidad de Procesamiento y Memoria de Trabajo (WISC IV) con la habilidad para dirigir la Navegación mediante el Habla medida con la ENI.....	140
8. Discusión.....	141
8.1. Finalidad.....	142
8.2. Percepción.....	144
8.3. Medios-Herramientas.....	148
8.4. Funciones y procesos.....	152
8.4.1. Memoria.....	152
8.4.2. Imaginación.....	154
8.4.3. Flexibilidad Cognitiva.....	155

8.5. Orientadores	158
8.5.1. Relaciones espaciales egocéntricas	158
8.5.2. Relaciones espaciales allocéntricas	159
8.5.3. Uso de ambas relaciones espaciales.....	161
9. Conclusiones	168
9.1. Hipótesis Defecto.....	172
9.2. Hipótesis Compensatorias.....	173
10. Referencias	177
11. Anexos	199
Anexo A: Abreviaciones de los dominios y subescalas analizados de la Evaluación	
Neuropsicológica Infantil:.....	199
Anexo B: Abreviaciones utilizadas para los índices compuestos que conforman la escala	
Wechsler.....	202
Anexo C: Categorías registradas Mediante la NavVal-PE.....	203
Anexo D: Glosario.....	207

Lista de tablas

Tabla 1. Historia de los trastornos generalizados del desarrollo en los criterios diagnósticos de la APA.....	15
Tabla 2. Criterios diagnósticos Trastornos del espectro autista DSM-5	17
Tabla 3. Nivel de gravedad para los trastornos del espectro autista	19
Tabla 4. Edad y sexo de los participantes	101
Tabla 5. Ejemplo de registro en la unidad de análisis “Percepción” durante los turnos de navegación hacia la pista	110
Tabla 6. Turnos empleados en cada tipo de navegación	113
Tabla 7. Claves utilizadas durante los turnos hacia la ubicación pista	114
Tabla 8. Claves utilizadas durante los turnos hacia la ubicación meta	115
Tabla 9. Herramientas utilizadas en turnos para encontrar la ubicación pista	116
Tabla 10. Herramientas utilizadas en turnos para encontrar la ubicación meta	117
Tabla 11. Función o proceso utilizado en turnos hacia la ubicación pista	118
Tabla 12. Continuación Función o proceso utilizado en turnos hacia la ubicación pista	120
Tabla 13. Función o proceso utilizado en turnos hacia la ubicación meta	121
Tabla 14. Continuación Función o proceso utilizado en turnos hacia la ubicación meta	123
Tabla 15. Relaciones espaciales utilizadas durante ambos turnos (pista y meta).....	124
Tabla 16. Relaciones espaciales utilizadas durante los turnos pista	125
Tabla 17. Relaciones espaciales utilizadas durante los turnos meta	126
Tabla 18. Errores por participante	128
Tabla 19. Análisis outliers con prueba de Grubbs de Percentiles obtenidos en los dominios y subdominios de la ENI	129
Tabla 20. Análisis outliers con prueba de Grubbs de percentiles obtenidos en las subescalas Construccionales, Perceptuales, Memoria Codificación, Memoria Evocación, Habilidades Espaciales y Funciones Ejecutivas de la ENI	131
Tabla 21. Análisis outliers con prueba de Grubbs de percentiles obtenidos en las puntuaciones compuestas de la escala Wechsler de Inteligencia para Niños IV.....	132
Tabla 22. Análisis de correlaciones con prueba Rho Spearman entre CMDI con los Dominios y Subdominios de la ENI.	133
Tabla 23. Análisis de correlaciones con prueba Rho Spearman entre CMDI y las subescalas de los dominios Habilidades Motoras, Perceptuales, Memoria, Habilidades Espaciales y Funcionamiento Ejecutivo medidos con la ENI.....	135
Tabla 24. Correlaciones con prueba Rho Spearman entre Comprensión Derecha Izquierda (CMDI) y las Puntuaciones Compuestas de la escala WISC IV.....	136
Tabla 25. Análisis de correlaciones con prueba r Spearman entre EXDI con los Dominios y Subdominios de la ENI.....	137
Tabla 26. Análisis de correlaciones con prueba Rho Spearman entre EXDI y las subescalas de los dominios Habilidades Motoras, Perceptuales, Memoria, Habilidades Espaciales y Funcionamiento Ejecutivo medidos con la ENI.....	139
Tabla 27. Análisis de correlaciones con prueba Rho Spearman entre EXDI y las subescalas Habilidades Construccionales de la ENI.....	140



Lista de figuras

Unidades que componen la formación representacional espacial.....	24
Subsistemas participantes en la selección de vías por recompensa.....	26
Relaciones topológicas, proyectivas y euclidianas.....	51
Clasificación de los turnos requeridos para completar la NavVal-PE	109

Resumen

La navegación espacial recluta diversos subsistemas cerebrales que participan en funciones y procesos como habilidades perceptuales, la memoria episódica, imaginación, mentalización, integración de información, lenguaje, funcionamiento ejecutivo, entre otros. Este conjunto de funciones se ponen en juego durante una navegación eficiente. Algunas de estas funciones han sido reportadas con alteración en las personas con Trastornos del Espectro Autista (TEA). Aunque estas investigaciones abarcan la implicación de subsistemas basales y corticales, el énfasis ha sido colocado en áreas corticales. Los estudios en navegación implican estructuras a ambos niveles, y se han identificado errores en la navegación, asociados al funcionamiento de estructuras específicas. Con el objetivo de valorar la funcionalidad, compensación y defecto respecto a los mismos en una población de niños con Síndrome de Asperger (SA). Se aplicó la Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI) (Matute et al, 2007) y la Escala de Inteligencia Wechsler para Niños (WISC IV) (Wechsler, 2007) a fin de analizar la correlación entre dos subescalas espaciales cuya resolución requiere una navegación en espacio a pequeña escala, y funciones y procesos asociados a una navegación eficiente. También se desarrollaron indicadores para valorar errores y funcionalidad en navegación asociadas a distintos subsistemas. A partir de estos datos se observan errores asociados a integración de información idiotética, cuyo procesamiento se realiza desde estructuras vestibulo-cerebelares hasta parietal inferior, así como con dificultades en integración de claves alotéticas, cuyo procesamiento recluta subsistemas temporales mediales. Estos errores son consistentes con la literatura que señala el papel estas estructuras en síntomas presentes en los TEA, tales como las fallas motoras, dificultades para mantener la representación de metas (Koziol y Budding, 2009), ejecución de tareas del modo habitual a pesar de haber elaborado un plan de acción distinto (Khamessi y Humphries, 2012) y fallas en cognición social (Ashwind et al., 2007; Schroeder et al., 2010; Zilbovicious, Meresse y Boddaert, 2006). Si bien se puede concluir que los errores presentados durante la navegación son consistentes con las fallas reportadas en la literatura, los participantes también despliegan el uso de recursos como la regulación verbal simultánea, uso de gestos, apoyo en el tacto o agarre. Los cuales son esperados en niños con desarrollo típico a edades más tempranas o bien en personas con discapacidad visual. El uso que los participantes de esta investigación brindan a los recursos mencionados, plantean la necesidad de caracterizar clusters que conforman los TEA desde una clasificación politética. Resalta la necesidad de describir no solo la caracterización de los defectos, también las funciones y procesos en los cuales son eficientes. Ello facilitaría el diseño de programas de intervención, que les permita compensar las dificultades cognitivas asociadas a los defectos en neurodesarrollo propios de cada persona con este diagnóstico.

Palabras claves: Navegación, valoración por tareas, Síndrome de Asperger, Trastornos del Espectro Autista, Cognición Espacial.

Abstract

Spatial Navigation is compound by different brain subsystems. Those areas participate in functions and process like: perceptual skills, episodic memory, imagination, theory of mind, information integration, language, executive function, etc. This group of functions are activated during efficient spatial navigation. Many of those functions and process have been reported affected in Autism Spectrum Disorders (ASD) research. The cognitive breakdown in ASD has been related to cortical and subcortical brain disfunction, paying more attention to cortical áreas. The spatial navigation research studies different brain systems, and describes its associated mistakes. The goal of this research had been to describe cognitive functions, compensation strategies and failures observed in a group of Asperger Syndrom (SA) children, during a spatial navigation task. A couple of instruments were applied in order to correlate scores on a navigation task and different functions and process associated with this ability. The instruments employed were: the “Evaluación Neuropsicológica Infantil” (ENI) (Matute et al, 2007) and the “Wechsler Intelligence Scale for children” (WISC IV) (Wechsler, 2007). Categories to assess mistakes and functionality during a navigation task were also developed. Nowadays, those categories are associated to different brain systems function and/or injurie. Information about the failure integration of idiothetic clues were found and those mistakes has been associated to inefficiency of vestibule-cerebellar and inferior parietal areas. Difficulties related with middle temporal lobe processing, like integrating alothetic clues, were also observed. Previous studies with ASD samples had provided evidence of the association between those brain systems breakdown and cognitive failures, e.g. motor disfunction, difficulties to hold information cognitively online in order to accomplish a goal (Koziol y Budding, 2009), planning task failures (Khamessi y Humphries, 2012), and awkward social cognition (Ashwind et al., 2007; Schroeder et al., 2010; Zilbovicious, Meresse y Boddaert, 2006). In conclusion, according to previous studies, this investigation results agree about this failiures. However, it also share the compensatory strategies used by ASD children in order to end up the navigation task, e.g. Simultaneous Verbal Regulation, gestures’ use, sense of touch and grasping support, etc. This stock of abilities are also displayed by younger control kids and by vision impairment people. The fact that ASD kids had used the same resources, suggest the need of describing this diagnostic category from a politetic perspective. The deliniation of ASD dysfunction is as important as the characterization of the compensatory strategies. This data could be usefull to develop intervention programs which help them to face cognitive challenges.

Keywords: Navigation, task assesment, Asperger Syndrome, Autistic Spectrum Disorder, Spatial Cognition.

Introducción

Los Trastornos Generalizados del Desarrollo (TGD) han sido incluidos en los Manuales Diagnósticos Psiquiátricos desde 1980, en el manual diagnóstico DSM III (American Psychiatric Association, 1980). En el mismo, se le diferenció de otras condiciones como la Esquizofrenia o Psicosis Infantil con las que era equiparado. Los avances en investigación han permitido observar diferencias neuroanatómicas, neuroquímicas, en conectividad cerebral, genómicas, genéticas y epigenéticas que las personas con TGD a partir de los cuales se han distinguido síndromes que conforman éste cluster, tales como el Síndrome de Rett, de Moëbius o de Williams entre muchos otros. Esta perspectiva en la cual se destaca la variabilidad de síndromes, dio lugar a una clasificación politética de estos trastornos. El DSM IV (American Psychiatric Association, 1994) y DSM IV-TR (American Psychiatric Association, 2000) buscaron integrar esta perspectiva en los criterios diagnósticos presentados. En la clasificación más reciente de la APA, el DSM-5 (American Psychiatric Association, 2013), la visión politética fue sustituida por una noción de continuo. Renombra el cluster como Trastornos del Espectro Autista (TEA). Y en ella, se propone que los síntomas son categorizables a partir del nivel de gravedad.

Tales síntomas han sido abordados en investigaciones que analizan funciones y procesos como la percepción, motricidad, memoria, lenguaje, cognición social y funciones ejecutivas. Los hallazgos muestran defectos en el funcionamiento pero también un procesamiento distinto de información, al que realiza la población con desarrollo típico. Al analizar estas funciones y procesos, se observa que también existe discordancia entre los resultados de las investigaciones. Los datos neuroanatómicos, neuroquímicos, de conectividad, genéticos y genómicos, son analizables cuando se tiene acceso a estudios de gabinete. Sin embargo, es una realidad que no toda la población tiene acceso a éstos, y las evaluaciones neuropsicológicas permiten tener un

perfil a partir del cual se planteen hipótesis respecto al funcionamiento de los subsistemas cerebrales implicados en tales funciones y procesos. Aunado a ello, el análisis de la interacción entre tales funciones y procesos, es abordado de manera más controlada con las escalas de evaluación neuropsicológicas existentes. El esquema de Valoración Por Tareas Neuropsicológicamente Orientadas es una estrategia de valoración a partir de las funciones y errores cometidos durante una tarea, mediante el cual es posible analizar la interacción de estas funciones y procesos, dando oportunidad de crear hipótesis respecto tanto a los defectos como mecanismos compensatorios. Un Esquema de Valoración por Tareas Neuropsicológicamente Orientadas, también permite lograr una valoración con mayor validez ecológica para las hipótesis derivadas de su análisis.

La navegación es un proceso complejo, que implica diferentes funciones y procesos que han sido documentados con afectación en los TEA. En lo referente a cognición espacial, su eficiente funcionamiento recluta diversos subsistemas, los cuales han sido reportados con afectación en esta misma población. Al estudiar la navegación, se han documentado los errores presentados por personas con Demencia, Parkinson, y alteraciones en estructuras subcorticales.

Observándose también que ante tales errores, se presentan estrategias compensatorias apoyadas en el funcionamiento de los subsistemas preservados. Por ello, utilizar una Valoración por Tareas Neuropsicológicamente Orientada enfocada en la Navegación, puede ser un medio para establecer hipótesis de defecto y compensación, en los cuales participan diversos subsistemas cerebrales. A su vez, es posible contrastar tales hipótesis, con los hallazgos de alteración y eficiencia, reportados en la literatura de los TEA.

Realizar una combinación de las hipótesis de defecto y compensación, con los resultados obtenidos a partir de puntuaciones de escalas neuropsicológicas y de inteligencia, también es una

forma de aproximarse al diagnóstico de alteraciones desde un trabajo clínico. Ello es útil para los clínicos quienes trabajan con pacientes quienes no tiene acceso a estudios de gabinete. Este tipo de trabajo también le es útil a los clínicos que trabajan en el diseño e implementación de programas de intervención. A partir de los referentes de funcionamiento del paciente pueden delinear el diseño de programas de intervención, o bien realizar las necesarias, a programas de intervención en que el paciente participa. Programas que frecuentemente son previamente estipulados a por una institución o por un manual de intervención.

Así, este trabajo presenta el análisis mixto de datos cuantitativos y cualitativos, de funciones y procesos reportados con afectación en los TEA. En el mismo, se busca brindar la oportunidad de notar que aunque existen defectos, también se observan dos características importantes en el desarrollo de estos niños: la primera son las similitudes que como grupo de niños con TEA tienen en el procesamiento de información; y la segunda, es la posibilidad de un procesamiento distinto en cada niño, utilizando los recursos cognitivos particulares que lo caracterizan. Con semejanzas y diferencias los niños llegan a un mismo resultado. Se observa que además de las fallas concordantes o discordantes con la literatura en TEA, son las estrategias compensatorias las que les permiten resolver con diferente nivel de exactitud, una misma tarea.

Antecedentes

1.1 Trastornos del Espectro Autista (TEA).

La noción de Autismo, al igual que otras condiciones, inicialmente estuvo asociada con hechizos y magia. Médicos, psicólogos y psicoanalistas documentaron diversos casos utilizando las etiqueta diagnósticas basadas en los conocimientos de la época y enfoque clínico desde el cual se abordó (Wing, 1998). La conceptualización de esta condición ha cambiado con la época. La lectura de los síntomas ha sido realizada con base en los enfoques teóricos que predominaron en cada época y su interpretación ha sido modificada gracias a los aportes que otras áreas del conocimiento han ofrecido para su estudio (Cruz y Zurita, 2015).

Los primeros médicos y psicoanalistas que trabajaron con niños, asociaron este cuadro con la psicosis y esquizofrenia, como se reflejó en las primeras clasificaciones diagnósticas del autismo. Ello se observa en los primeros criterios diagnósticos de Trastorno del Espectro Autista o Trastorno Generalizado del Desarrollo, propuestos por la Asociación Americana de Psiquiatría en los Manuales Diagnósticos Estadísticos de Trastornos Mentales DSM III (American Psychiatric Association, 1980) y la Organización Mundial de la Salud en sus Clasificaciones Estadísticas Internacionales de Enfermedades CIE 8 (Organización Mundial de la Salud, 1967), CIE 9 (World Health Organization, 1978), CIE 10 (Organización Mundial de la Salud, 1992). Así, encontramos casos en la literatura, como el niño Dick tratado en 1929 por la Sra Klein, quien fue diagnosticado con Psicosis Infantil (García y Veney, 2002); o bien la referencia de una condición que Ewa Ssucharewa denominó Trastorno de la Personalidad Esquizoide. En tales momentos, aún no se había presentado la concepción de Autismo o Asperger, fue en 1943 cuando Kanner publicó el caso de 11 niños cuyo patrón conductual que denominó Autismo

Infantil Precoz (Gillberg, 2002); y un año después, en 1944 cuando Hans Asperger describió la “Psicopatía Autista” (Wing, 1998).

Los síntomas a partir de los cuales se ha descrito el Autismo a lo largo de la historia son variados: con respecto al lenguaje se ha reportado una simbolización peculiar según Mélanie Klein (García y Vaney, 2003), uso adecuado de la gramática y vocabulario acompañado de habla demasiado formal (Wing, 1998), variaciones en los elementos suprasegmentales del habla (Gillberg, 2002; Woodbury-Smith y Volkmar, 2009), en la pragmática (Igoa et al, 2012; Tellechea, 2013; Grzadsinski, Huerta y Lord, 2013) hasta mutismo o anomalía del habla. En lo referente a cognición social se ha reportado fallas en la expresión de emociones, egocentrismo extremo, carencia de contacto afectivo e interacción social (García y Vaney, 2003; Wing, 1998) y dificultades para valerse de la imitación como medio para responder a contextos sociales (Kato, 2011). Y en el caso del funcionamiento ejecutivo se ha reportado rutinas repetitivas, monótonas, inflexibilidad, obstinación, monotonía e intereses restringidos (Gillberg, 2002; Volkmar y Reichow, 2013).

También se han reportado otras fallas en áreas diversas, como son una pobre coordinación motora, estereotipias o manerismos motores (Wing, 1998; Gillberg, 2002; Volkmar y Reichow, 2013) y problemas del sueño (Gillberg, 2002; Volkmar y Reichow, 2013). En lo referente al nivel de inteligencia los datos van desde muy, de acuerdo a los primeros reportes de Kanner (Gillberg, 2002) a inteligencia normal según Hans Asperger (Wing, 1998). En el extremo opuesto, se han destacado habilidades excepcionales en dominios mnésicos visuoespaciales y razonamiento lógico (García y Vaney, 2003; Newmann, Dubischar-Krivec, Poustka, Birbaumer, 2011).

En 1980 la Asociación Americana de Psiquiatría separa al Autismo de los trastornos psicóticos, estableciendo un clúster para su clasificación denominado “Trastornos Generalizados del Desarrollo”. En el Manual Diagnóstico y Estadístico de Los Trastornos Mentales DSM III (American Psychiatric Association, 1980), propone tres cuadros autistas que conforman dicho clúster. Tales cuadros son: Trastorno Generalizado del Desarrollo de inicio en la infancia; Autismo Infantil y Autismo Atípico. En su versión revisada de dicho manual DSM II-R (American Psychiatric Association, 1987), reducen los cuadros que conforman dicho cluster a dos alteraciones: Trastorno Generalizado del Desarrollo y Trastorno Autista. Este cluster se amplió a cinco cuadros en la versión DSM IV (American Psychiatric Association, 1994) y DSM IV-TR (American Psychiatric Association, 2000), como se observa en la tabla 1.

Tabla 1.
Historia de los trastornos generalizados del desarrollo en los criterios diagnósticos de la APA

Año Publicación	Manual	Clúster Trastornos Generalizados del Desarrollo (TGD)
1980	DSM III	TGD de inicio en la infancia; Autismo Infantil, Autismo Atípico
1987	DSM III-R	TGD no Especificado, Trastorno Autista
1994	DSM IV	TGD no Especificado, Trastorno Autista, Trastorno de Asperger, Trastorno Desintegrativo Infantil, Síndrome de Rett.
2000	DSM IV-TR	Igual al DSM IV pero se realizaron correcciones al TGD no especificado.

Nota: fuentes American Psychiatric Association (1980, 1987, 1994, 2000)

La conceptualización de los TEA más reciente, puede distinguirse en dos principales perspectivas: la noción de continuo y la noción politética. Ambas concepciones son descritas a continuación.

1.1.1 Trastornos del espectro autista como continuo.

En esta concepción propone que el autismo es una misma condición cuyas manifestaciones varían de moderada a grave, siendo el Asperger y el Autismo los extremos que marcan una

menor a una mayor alteración. Esta perspectiva ha sido utilizada por diferentes profesionales experimentados. Lord, Petkova, Hus, Gan, Lu, Martin, et al (2011) reportó que el algoritmo diagnóstico para los cuadros que conforman los TGD, toma en cuenta el rango de puntuación del Coeficiente Intelectual (CI) utilizando las escalas Weschler. El rango de CI de 67 a 127, junto con algunas escalas dirigidas para el diagnóstico de autismo, eran parte de los criterios más importantes para decidir el cuadro diagnóstico. La noción de continuo ha sido adoptada por la APA en su versión más reciente del Manual Diagnóstico de Trastornos Mentales DSM 5, desapareciendo categorías diagnósticas como el Trastorno de Rett, Trastorno Desintegrativo Infantil, Trastorno de Asperger (Volkmar y Reichow, 2013). Solamente el Trastorno de Asperger cuenta con una nota especial en la última edición, indicándose que debe considerarse como parte del Autismo de Alto Funcionamiento (Yu, Cheung, Chua y McAlonan, 2011).

La Asociación Americana de Psiquiatría (2013) plantea que existe un consenso científico en el cual, los trastornos antes incluidos en el cluster TGD, constituyen una misma alteración pero con diversos niveles de severidad. Proponen que la mejor forma de representar los síntomas en los TGD, es explicable a partir de dos principales déficits: uno, alteración en la comunicación social, y dos, la presencia de conductas, intereses repetitivos o restringidos. Omiten la distinción en el desarrollo del lenguaje en los diferentes cuadros (Grzadzinski et al, 2013), que ha sido reportada por diferentes investigadores (Yu et al., 2011; Igoa et al, 2012; Tellechea, 2013).

De acuerdo con el DSM-5 (American Psychiatric Association, 2013), los criterios para realizar el diagnóstico de TEA se observan en la tabla 2:

Tabla 2.

Criterios diagnósticos Trastornos del espectro autista DSM-5

Trastorno del Espectro Autista 299.00 (F84.0)

A. Déficits persistentes en la comunicación e interacción social en múltiples contextos, manifestados actualmente o en la historia del paciente. Algunos ejemplos ilustrativos, no exhaustivos, se observan a continuación:

1. Déficits en la reciprocidad socio-emocional, presentándose desde aproximaciones sociales anormales y fallas en los intercambios normales de ida y vuelta en la conversación; poco interés por compartir intereses, emociones o afecto; fallas para iniciar o responder a interacciones sociales.

2. Déficit en conductas comunicativas no verbales utilizadas en la interacción social, presentándose desde una comunicación verbal y no verbal pobremente integrada; anomalías en el contacto ocular y lenguaje corporal o déficit en la comprensión y uso de gestos; hasta una total falta de expresiones faciales y de comunicación no verbal.

3. Déficits en el desarrollo, mantenimiento y comprensión de las relaciones, yendo desde dificultades para ajustar la conducta con el fin de ajustarse a varios contextos sociales, dificultades para compartir juego imaginativo o para hacer amigos, hasta la ausencia de interés en pares.

Especificar la gravedad actual: la gravedad se basa en las alteraciones en la comunicación social y en patrones de conducta restringidos y repetitivos (ver tabla 2 de dx TEA DSM 5)

B. Patrones de conducta, intereses o actividades repetitivas y restringidas. Presentando al menos dos de los siguientes síntomas ya sea actualmente o previamente:

1. Movimientos motores estereotipados o repetitivos, uso de objetos o habla, p.e. estereotipias motoras simples, ordenando juguetes o girar objetos, ecolalia, frases idiosincráticas.

2. Insistencia en la monotonía, inflexible adherencia a rutinas o patrones ritualizados en conducta verbal o no verbal, p.e. angustia extrema ante cambios pequeños, dificultades en la transición, patrones de pensamiento rígidos, rituales de bienvenida, necesidad de tomar siempre la misma ruta o comer la misma comida.

3. Intereses altamente restringidos o fijación en los mismos, que llevan a una intensidad anormal como centro de atención, p.e. extraño apego o preocupación por objetos inusuales, excesivamente restringidos o de interés perseverativo.

4. Hiper o hiporeactividad a información sensorial o interés inusual en aspectos sensoriales del ambiente, p.e. aparente indiferencia al dolor, temperatura, respuesta adversa a sonidos específicos o a texturas, oler o tocar de manera excesiva objetos, fascinación visual por luces o por el movimiento.

Especificar la gravedad actual: la gravedad se basa en las alteraciones en la comunicación social y en patrones de conducta restringidos y repetitivos (ver tabla 2 de dx TEA DSM 5)

C. Los síntomas deben estar presentes en el periodo de desarrollo temprano, pero no se manifiestan por completo hasta que las demandas sociales exceden el límite de sus capacidades, o pueden estar enmascaradas por estrategias aprendidas en etapas posteriores de la vida.

D. Los síntomas causan alteraciones clínicas significativas en áreas sociales, ocupacionales u otras importantes áreas para el funcionamiento actual.

E. Estas alteraciones no se explican mejor por Discapacidad Intelectual (trastorno del desarrollo intelectual) o Trastorno Global del Desarrollo. La discapacidad intelectual y el Trastorno del Espectro Autista frecuentemente se presentan de manera conjunta; para realizar diagnósticos de comorbilidad entre diagnósticos de Trastorno del Espectro Autista y Discapacidad Intelectual, la comunicación social debe presentarse debajo de lo esperado de acuerdo para el nivel de desarrollo general.

Nota: Los individuos con diagnóstico bien establecido por el DSM IV de Trastorno Autista, Trastorno de Asperger o Trastorno Generalizado del Desarrollo no especificado, deberán ser diagnosticados con Trastorno del Espectro Autista. Los individuos quienes tengan deficiencias marcadas en comunicación social pero cuyos síntomas no coinciden con el criterio de Trastorno del Espectro Autista, deberán evaluarse con el diagnóstico de Trastorno de la Comunicación Social (pragmática).

Especificar sí:

Se acompaña o no de alteración intelectual.

Se acompaña o no de alteraciones del lenguaje.

Se asocia con una condición médica o genética, o con factores ambientales. Utilizar el código adicional para asociar a una condición médica o genética.

Se asocia con otro trastorno del neurodesarrollo, mental o conductual. Utilizar código(s) adicional(es) si se identifica que se ha asociado a algún trastorno conductual, mental o del neurodesarrollo.

Si se asocia con catatonía. Referir al criterio de catatonía asociado con otros trastornos mentales. Utilizar adicionalmente el código 293.89 F06.1, para indicar la comorbilidad de TEA con catatonía.

Nota: Fuente American Psychiatric Association (2013)

La noción de contínuo queda explicitada en la tabla 3, donde se indica el nivel de ayuda que los pacientes necesitan ante las dos principales alteraciones consideradas por la APA.

Tabla 3
 Nivel de gravedad para los trastornos del espectro autista

Nivel de gravedad para los Trastornos del Espectro Autista		
Nivel de Gravedad	Comunicación Social	Conductas repetitivas y restringidas
Nivel 3. Requieren apoyo de manera muy substancial	Déficits graves en habilidades de comunicación social verbal y no verbal, provocando graves daños en el funcionamiento, muy limitado inicio de interacciones sociales, y respuesta mínima a intentos de interacción social por parte de otros. P.e. una persona con pocas palabras de un lenguaje inteligible quien raramente inicia interacción, y que solo realiza un acercamiento inusual para dar a conocer necesidades, o solo responde ante contactos sociales muy directos.	Conductas inflexibles, dificultad extrema para enfrentar cambios, presenta otras conductas repetitivas y restringidas que interfieren de manera importante en el funcionamiento de todas las esferas. Gran ansiedad o dificultad para cambiar el foco de atención o de actividad (acciones).
Nivel 2. Requieren apoyo de manera sustancial.	Se presentan importantes déficits en las habilidades de comunicación verbal y no verbal; Aparentes alteraciones sociales aun cuando se brinda apoyo; inicio limitado de interacciones sociales; y respuestas anormales o reducidas ante el inicio de interacciones sociales realizadas por otros, p.e. personas quienes dicen frases simples o cuya interacción es limitada a intereses especiales o restringidos, y que presentan comunicación no verbal muy rara.	Conductas inflexibles, dificultad para enfrentar cambios o conductas restrictivas/repetitivas cuya frecuencia de aparición es suficiente para ser obvia ante el observador casual, e interfieren con el funcionamiento en diversos contextos. Ansiedad o dificultad ante los cambios de atención o de actividad (acciones).
Nivel 1. Requieren apoyo.	Sin apoyo, pero los déficits en la comunicación social provocan alteraciones notables. Dificultades para iniciar interacciones sociales, y con claros ejemplos de respuestas poco excitosas o atípicas ante interacciones sociales iniciadas por otros. Puede presentarse un decremento en las interacciones sociales, por ejemplo, en personas quienes son capaces de decir frases completas y se engancha en una comunicación pero a quienes la comunicación dirigida hacia otros o de otros hacia ellos, falla; y quienes realizan intentos raros para hacer amigos llevando a que frecuentemente no tengan éxito en ello.	Su conducta inflexible interfiere significativamente con el funcionamiento en uno o más contextos. Dificultades para cambiar entre una a otra actividad. Problemas de organización y planeación, independencia obstaculizada.

Nota: fuente American Psychiatric Association (2013)

1.1.2. Trastornos del espectro autista como noción politética.

Esta postura agrupa distintos cuadros dentro de una misma clasificación. Dichos cuadros no son compartidos por todos los miembros que reciben dicho diagnóstico. En esta clasificación es posible que se combinen diferentes cuadros, entre los que se encuentran el autismo de alto funcionamiento, trastorno semántico-pragmático de la comunicación, discapacidad del aprendizaje no verbal, disfunción del hemisferio derecho, discapacidad del aprendizaje no verbal, trastorno obsesivo compulsivo, síndrome de tourette, etc. Esta perspectiva considera que tales cuadros comparten síntomas y características que se superponen (Gillberg, 2002; Kawale, Coudhari, Godge, Patil y Oswal, 2010). Esta concepción es representada con claridad en el DSM IV y DSM IV-TR (Grzadzinski et al, 2013), en la cual el Cluster “Trastornos Generalizados del Desarrollo”. En las versiones del DSM IV (American Psychiatric Association, 1994) y DSM IV-TR (American Psychiatric Association, 2000) esta noción es la que subyace al clúster TGD. Éste es constituido por 5 cuadros: TGD no especificado, Trastorno Autista, Trastorno de Asperger, Trastorno Desintegrativo Infantil y Síndrome de Rett.

La adopción de una perspectiva politética por la APA, tuvo diferentes causas. Entre ellas, buscaron balance entre sensibilidad y especificidad diagnóstica entre los diferentes rangos de puntuaciones obtenidas en IQ y edad, buscando mayor confiabilidad diagnóstica aún en los examinadores menos experimentados (Volkmar y Reichow, 2013). También planeaba incluir posteriormente, nuevos trastornos en dicho cluster y tener mayor convergencia con la Clasificación Internacional de Enfermedades 10 CIE-10 (Volkmar y Reichow, 2013). La Organización Mundial de la Salud en la CIE-10 presenta por primera vez el Síndrome de Asperger (SA) en su clasificación, siendo un cuadro en el cual el funcionamiento cognitivo y desarrollo del lenguaje son normales, con diferencias en las habilidades comunicativas con

respecto al autismo (Woodbury-Smith y Volkmar, 2009). Esta distinción daba cuenta de un claro ejemplo de una perspectiva politética dentro de un grupo de trastornos. Bajo esta concepción, también se basa el criterio diagnóstico del Asperger propuesto por Gillberg y Gillberg (Gillberg, 2002).

Existen trabajos teóricos y revisiones en las cuales se analizan las diferencias entre los cuadros que conforman la noción de TGD integrada en los criterios del DSM IV y DSM IV-TR (Gillberg, 2002; Lord et al., 2011; Yu et al., 2011; Volkmar y Reichow, 2013). Entre las diferencias señaladas se encuentran: desarrollo precoz y mejor habilidad en el aprendizaje de habilidades académicas en el SA, en comparación con los niños con autismo de alto rendimiento (Yu et al., 2011). Esta conformación politética tiene eco al observar la gran variedad de síndromes genéticos presentes en niños con diagnóstico de TEA, de los cuales la Secretaría de Salud (2012) presentó cerca de 22 distintos síndromes genéticos. Aunado a ello, se ha identificado comorbilidad con distintas enfermedades, entre las que se encuentran: esclerosis tuberosa, fenilcetonuria, enfermedad de steinert, distrofia muscular progresiva, enfermedad de Duchenne, Hipomelanosis de ito y neurofibromatosis tipo 1. Estos datos muestran que los Trastornos del Espectro Autista agrupan un mosaico de síndromes genéticos y enfermedades. El desarrollo actual de la evidencia genética ha dado respaldo a esta perspectiva, en la cual trastornos heterogéneos si bien dan lugar a condiciones de salud y síntomas cognitivos distintos, también conllevan a la agrupación de tales afectaciones cognitivas cualitativamente distintas, en una misma función afectada (Andrews, Pine, Hobbs, Anderson y Sunderland, 2010).

En los criterios diagnósticos del DSM 5 se abordan las alteraciones sensoriales y reconoce que los individuos presentan variaciones con respecto a habilidades cognitivas, lenguaje expresivo, momento de inicio de la patología y comorbilidad psicopatológica. Las habilidades

cognitivas son variadas, observándose personas con discapacidad intelectual hasta niveles superiores de inteligencia (Grzadsinski et al, 2013). Sin embargo, en este diagnóstico la visión de continuo deja poco espacio a la heterogeneidad sintomatológica que tiene como base las diferencias genéticas. Geschwind (2011) señala que una debilidad del DSM 5 consiste en que el criterio diagnóstico de TEA, no se basa en las semejanzas o diferencias genéticas entre categorías que ya han sido definidas clínicamente.

Para Reed (2013) las clasificaciones son solo formas en la cual se organiza la información para realizar un diagnóstico. Éste es especialmente difícil en los TEA, particularmente en los dos primeros años de vida. Por lo que su diagnóstico amerita conocimiento del desarrollo neurológico típico, social y conductual (Tellechea, 2013). Desde una perspectiva politética, el diagnóstico debe considerar el desarrollo de las diferentes expresiones fenotípicas, más que intentar agrupar como iguales todos estos trastornos (Yrigollen et al., 2008), estudiando la relevancia de las expresiones fenotípicas en cada síndrome (Johnson, Giarelli, Lewis y Rice, 2013).

2. Formación de la Representación Espacial durante la Navegación

La cognición espacial representa un gran número de habilidades cognitivas superiores, tales como la orientación espacial, reconocimiento de objetos, procesamiento e integración de información multisensorial, razonamiento abstracto o memoria. Integrarlos con éxito es esencial para funcionar apropiadamente en nuestro ambiente (Sack, 2009). La navegación es un claro ejemplo del papel de la cognición espacial en nuestra vida. Para mantener la localización del destino al que nos dirigimos y el sentido del movimiento para llegar a la misma, es necesario poner en juego información multisensorial, recursos mnésicos episódicos (Bird y Burgess, 2008; Barry y Burgess, 2014), incorporar el sentido lineal del tiempo e información verbal lingüística (Wilber, Clarck, Foster, Tatsuno, McNaughton, 2014), formar una representación del ambiente, un mapa cognitivo, realizar una proyección de sí mismo en un escenario y en ocasiones es necesario construir escenas de espacios novedosos (Hassabis y Maguire, 2007; Abu-Akel y Shamay Tsoory, 2011; Irish, Halena, Kamminga, Tu, Hornberger y Hodges, 2015).

Como puede observarse, realizar una navegación eficiente es en realidad complejo. Conlleva el análisis de información perceptual como la puesta en marcha de funciones y procesos cognitivos. Aproximarse a esta complejidad de elementos es posible desde el análisis de la formación de representaciones espaciales. En un trabajo previo, hemos propuesto cinco unidades de análisis para abordar la formación de representaciones espaciales desde el análisis por tareas neuropsicológicamente orientadas (Zurita y Cruz, 2015). Dicha propuesta se apoyó en el trabajo de Piaget (2002), Piaget e Inhelder (1977), Wallon (1978) y Le Boulch (1979). En el mismo se analizaron y discutieron conceptos relacionados con el concepto de representación para estos autores y sugerimos cinco unidades de análisis que integran la formación de representaciones espaciales, a saber: percepción, finalidad, orientación, herramientas y funciones/procesos.

En esta tesis se han retomado tales unidades de análisis aterrizándolas a la representación espacial formada durante la navegación, conformando los elementos de análisis del siguiente modo: la finalidad o motivación para iniciar la navegación; la información perceptual exteroceptiva, propioceptiva y vestibular; las relaciones espaciales entre claves perceptuales, que favorecen la orientación espacial; el uso de medios o herramientas; y el apoyo en funciones y/o procesos cognitivos para ejecutarla. Tales elementos conforman las unidades de análisis de representaciones espaciales como se esquematiza en la figura 1.

Unidades que componen la formación representacional espacial.



Figura 1. Las unidades se encuentran interrelacionadas debido a que el funcionamiento de cada uno repercute en los demás sistemas. Además, estas unidades pueden compartir entre sí, el funcionamiento de algunos subsistemas cerebrales. Tomado de Zurita y Cruz (2015).

La formación de una representación espacial útil para la navegación, requiere considerar estos cinco elementos. Analizaremos cada unidad explicando cada una abordándola a partir de los hallazgos neurofuncionales. De antemano es importante señalar que, si consideráramos a detalle

las propuestas teóricas de Piaget, Inhelder, Wallon y Le Boulch, podríamos incluir mayor número de elementos en la conformación de cada unidad de análisis. Sin embargo, este análisis se constriñe a aquellos componentes que logramos rastrear en la literatura en navegación y neurociencias consultada. Ello fue con el fin de sustentarlo en subsistemas cerebrales que permitieran proponer hipótesis neuropsicológicas de interacción.

Diferentes subsistemas cerebrales están implicados en dichas unidades de análisis. Se apoyan en estructuras como la corteza posterior del cíngulo, precúneo, unión temporoparietal, corteza prefrontal ventromedial y dorsomedial, así como el estriado ventral (Abu-Akel y Shamay Tsoory, 2011; Passot, Sheynikhovich, Duvelle, Arleo, 2012) hipocampo izquierdo (Wilber et al., 2014), parietal posterior, corteza entorrinal e hipocampo derecho (Bird y Burgess, 2008; Witter y Mooser, 2006), Ganglios Basales, Cerebelo, tálamo anterior, mesencéfalo (Fox et al., 2009, Sukumar, Rangaswamy y Chakrava, 2012, Rochefort, Lefort, Rondi-Reig, 2013, Igoi, Doeller, Paradis, Benchenane, Berthoz, Burgess, et al., 2014; Kroopff, 2015), cortezas modales e intermodales (Hassabis y Maguire, 2007). La relación de cada subsistema es abordada en la descripción de cada unidad de análisis, las cuales se describen a continuación.

2.1. Finalidad.

La finalidad refiere a la razón perseguida en el acto del pensamiento (Wallon, 1978). En la investigación consultada entorno a la navegación, ha sido abordada estudiando la motivación y la recompensa. Las rutas de navegación son asociadas a un valor, el cual varía según la recompensa hallada en la meta. Los subsistemas que participan en dicha asignación de valor, son las proyecciones de la amígdala, mesencéfalo, ganglios basales y corteza orbitofrontal, hacia la corteza entorrinal e hipocampo (Sukumar, Rengswamy y Chakravarthy, 2012), las cuales se ejemplifican en la figura 2. Poniéndose especial énfasis en los núcleos dorsolateral, dorsomedial,

ventral del estriado, y la corteza orbitofrontal. Se ha propuesto que la interacción del estriado con corteza orbitofrontal, tiene como función asignar un valor a las rutas elegidas; dicho valor se basa en un cálculo probabilístico que incluye tanto la posibilidad de obtener una recompensa, cómo del valor que tendría esta última. El valor asignado a cada ruta se consolida durante el sueño, cuando se presenta coherencia en oscilación en ritmo theta entre estriado ventral e hipocampo (Khamessi y Humphries, 2012).

También se ha observado que las proyecciones fásicas del estriado dorsolateral, núcleo subtalámico, globo pálido externo e interno hacia la corteza prefrontal refuerzan la navegación rutas orientadas hacia puntos de referencia visuales, y el sostenimiento de dicha navegación, es función de las proyecciones tónicas estriado-prefrontales (Sukumar, Rengaswamy y Chakravarthy, 2012).

Subsistemas participantes en la selección de vías por recompensa.

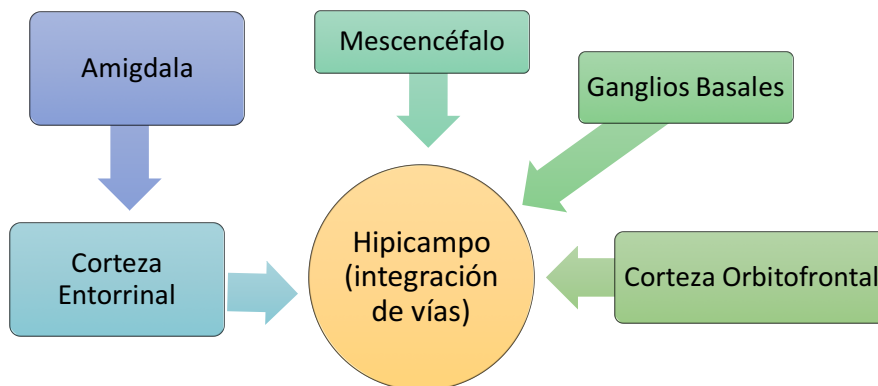


Figura 2. Estructuras cerebrales esquematizadas que participan en la vía de la recompensa durante la navegación. Basado en la propuesta de Khamessi y Humphries (2012).

Khamessi y Humphries (2012) proponen tres modelos para explicar la selección de una ruta con base a su recompensa o habituación. El primero lo denominan “dependiente de

reforzamiento”, el segundo por “habitación o libre de reforzamiento” y el tercero es “el constructor de estados”. En el primer modelo de selección, dependiente de reforzamiento, como su nombre lo dice se apoya en la entrega de reforzadores que se asocian a lugares donde obtienen recompensa. Se plantea que este modelo es sostenido principalmente por interacciones del estriado dorsomedial con el hipocampo. El mantenimiento o extinción de una ruta, es regulado con facilidad cuando se mantiene o elimina la recompensa (Khamessi y Humphries, 2012).

El segundo modelo, “de habitación o libre de reforzamiento”, se presenta cuando se ha sobreaprendido una ruta a partir de la cual se obtiene una recompensa. Tras un sobreentrenamiento de esta ruta, llega un momento en que ya no se requiere la administración del reforzador para que ésta se mantenga. Esta estrategia de selección suele asociarse al uso de secuencias motoras (claves idiotéticas) y es de gran utilidad cuando no se cuenta con muchas claves ambientales que orienten la navegación, como cuando se recorre un lugar en la oscuridad. Se plantea que los subsistemas que participan en este modelo, reclutan la interacción del estriado dorsolateral con hipocampo (Khamessi y Humphries, 2012).

El tercer modelo denominado “constructor de estados”, se pone en juego cuando ya se tiene un amplio conocimiento del mapa del ambiente. En él se pueden corregir rutas habituales identificando lugares a los cuales se desea llegar, analizando las rutas más cortas o eficientes disponibles. Para ello, es necesario que se identifiquen diferentes posibles recompensas y se elija aquella que le brinde el estado de recompensa deseado. Esta selección se ha asociado a la interacción de la corteza orbitofrontal y el estriado ventral, con el mapa cognitivo hipocampal. Se le denomina constructor de estados, pues permite identificar el estado (lugar-recompensa) más deseado, y elegir la ruta más eficiente para lograr la misma (Khamessi y Humphries, 2012).

2.2. Percepción: claves alotéticas e idiotéticas.

La percepción puede abordarse desde la interocepción, propiocepción y exterocepción. Sin embargo, en navegación se realiza una división en dos tipos de claves: idiotéticas y alotéticas. Las claves alotéticas se basan en información exteroceptiva, que sustenta la navegación por claves ambientales. Por su parte las claves idiotéticas incluyen información propioceptiva, vestibular y en algunas especies animales información interoceptiva. Es con base a esta clasificación de claves alotéticas e idiotéticas que se aborda esta unidad de análisis.

Las claves alotéticas corresponden a los puntos de referencia ambientales que orientan la navegación. En investigación básica se ha observado que la codificación de las claves alotéticas, alcanza coherencia y exactitud en ratas después de 5 ensayos de exposición a las mismas. Esta coherencia es observada en la corteza entorrinal lateral y células de lugar del hipocampo. Su coherencia se asocia a un 85% de exactitud para elegir un lugar correcto de ubicación del punto de referencia (Mosser, 2014). La actividad de las células de lugar se sincroniza con las células de frontera para ubicar el sentido al cual dirigirse (Bird y Burgess, 2008).

Los estudios de navegación espacial se enfocan principalmente en claves visuales (Bird y Burgess, 2008), aunque también se ha reportado el papel de la información olfativa (Dedirkman y Mosser, 2011), auditiva (Bird y Burgess, 2008; Arnold et al., 2004), y algunos investigadores han incluido información de texturas en el ambiente o el uso de rampas en el piso (Sukumar, Rengaswamy y Chakravarthy, 2012, Passot et al., 2012). Estas claves son fundamentales para dar lugar a la activación de células de lugar y de vector frontera (BVC), siendo estas células las cuales permiten que el animal identifique cuando llega a la frontera entre un lugar conocido y comienza un terreno antes no explorado (Hartley y Burgess, 2002; Derdikman y Moser, 2011). La información idiotética también proviene de múltiples sistemas sensoriales, codificando

información del movimiento de la cabeza, del cuello, (Cullen, Brooks, Jamali, Carriot, Massot, 2011; Hartley y Burgess, 2002), orientación del tronco (Bremer y Anderson, 2014; Wilbert et al., 2014; Rochefort et al., 2013) y velocidad de desplazamiento en el espacio (Kropff, Carmichael, Mosser y Mosser, 2015). Para su estudio, han sido clasificadas como claves taxonómicas y prácticas (Sukumar, Rengaswamy y Chakravarthy, 2012). Dada que la diversidad de claves alotéticas como idiotéticas implican diferentes subsistemas cerebrales para su procesamiento, es relevante abordar cada una de las modalidades utilizadas en navegación:

2.2.1 Alotéticas visuales.

Su análisis implica necesariamente a la vía ventral. Es sabido que el reconocimiento visual se sustenta en las proyecciones occipitotemporales del fascículo longitudinal, entre la corteza estriada-preestriada con temporal inferior y estructuras límbicas. Su función permite el reconocimiento visual de objetos y su diferenciación cualitativa de otros objetos, con los cuales comparten características (Mishkin, Ungerleider y Macko, 1983). La corteza estriada contiene células que agrupan sus proyecciones eferentes dependiendo de su orientación espacial (Mosser, 2014). Son las proyecciones occipitotemporales del fascículo longitudinal inferior, las que permiten identificar características como tamaño, orientación y ubicación de estímulos visuales (Milner y Goodale, 2008).

La red de la unión temporoparietal-parietal inferior y la corteza frontal ventral (incluyendo giros frontales inferior y medio) ubicados en hemisferio derecho, también participan en la codificación de objetos. Su alteración afecta la codificación de aspectos semánticos de objetos que se convierten en puntos de referencia visuales (Sing-Curry y Hussain, 2009). Y no podemos dejar del lado a las células de lugar ubicadas en el hipocampo, especialmente en la corteza entorrinal lateral. Éstas incrementan su activación conforme el animal se acerca puntos de

referencia visuales del ambiente. Ello hacen independientemente de la orientación corporal del animal con respecto a dicha clave (Bird y Burgess, 2008)

Además de la información visual de objetos que, pueden ser puntos de referencia, la geometría del ambiente también forma parte de las claves alotéticas visuales. Esta geometría es dada por los límites de un ambiente, identificado por paredes, muros, o límites que permiten reconocer un lugar. El conjunto de células de lugar, de vector frontera (BVC) y de red ubicadas en hipocampo bilateral, son fundamentales para lograr la codificación de este tipo de claves visuales (Burgess, 2006; Burgess, Maguire y O'Keefe, 2002; Witter y Mosser, 2006; Savelli y Knierim, 2010; Nishimura, Gu y Swann, 2011; Casanova, Nishimura, Owens y Swann, 2012). Las células de vector frontera (BVC) están presentes desde el día 15 de nacimiento en ratas, y se ha propuesto que estas células dan origen a las células de lugar en hipocampo (Mosser, 2014). Se encuentran en la corteza hipocámpal y se activan cuando el animal se acerca a la frontera del ambiente. La activación incrementa conforme el observador se acerca a la frontera. Tienen conexiones recíprocas con las células de lugar y con la información de los objetos dada por la vía ventral. Las tres células en conjunto, permiten crear un patrón completo del lugar generalizable a otros momentos en que el mismo ambiente sea modificado, p.e. aumente magnitud del mismo (Bird y Burgess, 2008).

2.2.2 Alotéticas auditivas.

El reconocimiento de objetos mediante claves auditivas, es sustentado por proyecciones ventrales temporales que se adentran a frontal inferior (Arnott, Binns, Grady, Alain, 2004). Dentro de esta red, está implicada la corteza auditiva primaria y su proyección hacia la región anterolateral del cinturón de la corteza auditiva, y posteriormente su proyección a la corteza prefrontal ventrolateral (Bizley y Cohen, 2013).

La codificación de puntos de referencia mediante claves auditivas, solo ha sido abordada en ambientes a gran escala. Inicialmente se observa que éstas son codificadas en relación a la ubicación del oyente, siendo codificadas por la corteza parietal posterior y las células de cabeza. Sin embargo, posteriormente la clave auditiva se integra a un mapa mental teniendo una representación fija en el mismo (Wilber et al., 2014). Por ello, la codificación de puntos de referencia visuales requieren la participación tanto de la ruta ventral auditiva ya mencionada, como la dorsal. Esta última puede afectarse tanto ante el daño de subsistemas subcorticales como corticales.

Las estructuras subcorticales, incluyen las proyecciones del tronco cerebral hacia el colículo inferior, tectum óptico, núcleo externo del colículo inferior y se ha planteado la participación de neuronas del mesencéfalo, identificando diferencias interaurales que permiten ubicar la fuente del sonido. La alteración de estos subsistemas, afecta la localización del sonido en diferentes formas, dependiendo de la naturaleza de la precisión, timing y duración de la pérdida auditiva, así como todas las formas en las cuales esta ocurre. Se ha sugerido que las primeras 8 semanas de vida, son un periodo importante para el desarrollo de estos subsistemas (King, Dahmen, Keating, Leach, Nodal y Bajo, 2011).

Las estructuras superiores comprenden a la corteza auditiva y sus proyecciones hacia parietal posterior (Kravitz, Saleem, Baker y Mishkin, 2011; Bizley y Cohen, 2013). Esta ruta cruza desde la corteza auditiva primaria hacia parietal posterior y después llega a regiones frontoparietales (Arnott et al, 2004). La interacción entre subsistemas subcortico-corticales es bidireccional. El daño subcorticales han resultado en fallas en la sintonización de diferencias interaurales en corteza auditiva primaria, y a su vez, el aprendizaje espacial auditivo es en gran parte dependiente de las proyecciones descendentes desde corteza auditiva primaria hacia mesencéfalo

auditivo, sugiriendo que las vías cortigofugales son esenciales para la recalibración de las representaciones cerebrales del espacio auditivo (King, Dahmen, Keating, Leach, Nodal y Bajo, 2011).

2.2.3. Alotéticas táctiles.

La percepción del tacto implica la integridad de la ruta de columnas dorsales y ventrales en la médula espinal en el reconocimiento de texturas, presión, vibración, temperatura (Munar, Rossello, Maiche, Travieso, Nadal, 2008). Aunado a ello, la ínsula y sus proyecciones a la corteza somatosensorial secundaria, son indispensables para lograr el reconocimiento háptico de objetos (Peltier, Stilla, Mariola, LaConte, Hu, Sathian, 2007). Los cuales también pueden ser utilizados como puntos de referencia. Se ha documentado que la percepción de una textura es suficiente para indicar un movimiento corporal por realizar mientras se navega. Esto ha sido reportado en el caso de ratones, en los cuales la percepción de una textura en el piso, conllevan a identificar cuando girar para cambiar el sentido de su navegación (Sukumar, Rengaswamy y Chakravarthy, 2012). Entre los estímulos táctiles utilizados en investigación básica, han sido pisos con texturas y vibración. Cuando la navegación se realiza en la oscuridad, el reconocimiento háptico puede ser una clave de navegación. Por lo cual se han utilizado esferas, cubos, cilindros y ruedas giratorias. Tales estímulos han sido útiles para evocar los giros o movimientos corporales necesarios para seguir la ruta (Fox et al., 2009).

2.2.4. Alotéticas olfativas.

El procesamiento de estímulos odoríferos indicando puntos de referencia es codificado por las células de lugar ubicadas en el hipocampo, especialmente en la corteza entorrinal lateral. Estas células descargan también ante información visual como se observó previamente, y en ambas claves alotéticas, lo hacen sin importar la posición o perspectiva corporal, con respecto a la

clave. Su activación ante estímulos odoríferos ocurre tanto en presencia de luz como en oscuridad, lo que sugiere que la vía visual no participa ni en la codificación de estas claves ni en los remapeos basados en esta información (Derdirkman y Mosser, 2011). Además de dichas células, debemos considerar la participación de la amplia vía olfativa, que permite reconocer objetos asociados a ubicaciones específicas. Esta vía incluye el epitelio olfativo, bulbo olfativo, tracto olfativo, áreas olfativas primarias (uncus, amígdala, hipocampo), áreas prepiriformes y piriformes, área septal, tálamo, lóbulo temporal medial y corteza orbitofrontal (Munar et al., 2008).

2.2.5. Alotéticas por estimulación vestibular provocada.

Resulta controversial plantear el papel de la estimulación vestibular entre las claves alotéticas, pues como se observará más adelante, la información vestibular vital en la integración de las claves idiotéticas. Sin embargo, es brevemente abordada en este rubro, debido a que su uso como puntos de referencia ambientales ha sido observado en el trabajo con modelos robóticos de ratones. Fox et al. (2009) utilizaron desniveles en laberintos para indicar una ubicación, ante la cual evocar un giro corporal o bien, encontrarse simplemente en un lugar como parte del recorrido de una de las rutas de navegación. No se ha corroborado cuál sería la activación de estructuras cerebrales ante estas claves idiotéticas, pero necesariamente reclutaría al sistema vestibular para identificar integrar los cambios posturales para mantener el equilibrio (ajuste corporal, reacciones de enderezamiento y de protección), y la conexión del mismo con la musculatura ocular, del cuello y corporal, para ser sensibles a la aceleración, angulación de movimientos cambios de dirección e identificar el origen de movimiento percibido.

Este sistema comprende a los núcleos vestibulares y sus proyecciones a tronco y médula espinal, el nervio vestibulococlear (VIII), órganos otolíticos y sus proyecciones hacia el núcleo

vestibular lateral-fascículo vestibuloespinal hacia las motoneuronas de la musculatura en miembros inferiores. También participa el núcleo ventral posterior del tálamo que recibe aferencias del sistema vestibular y las proyecta a la corteza somatosensorial (Rodríguez, Rodríguez y Rodríguez, 2004), así como el cerebelo para codificar información pasiva de la cabeza, tema que será abordado al finalizar el análisis de información idiotética.

2.2.6. Alotéticas por modalidades sensoriales combinadas.

Las claves alotéticas táctiles combinada con claves visuales, han sido las más estudiadas. Passot et al. (2012) indican que el procesamiento ya sea de varias claves táctiles o claves táctiles combinadas con información visual, reclutan la participación de células de Purkinje y su sinapsis con fibras paralelas. Las células de Purkinje tienen como función reconocer la información relevante para la tarea de navegación. Otra de las combinaciones modales, han sido las claves tacto-vestibulares. Estas son utilizadas en el piso de laberintos para ratones, en las cuales se presentan desniveles con textura (Fox et al., 2009).

Las alteraciones en el procesamiento de claves alotéticas, puede deberse a fallas en el procesamiento temprano de información de cada modalidad. Por lo que las agnosias en sus respectivas modalidades sensoriales o en la alteración en la percepción de alguna de las cualidades sensoriales podrían conllevar a fallas en el procesamiento de claves alotéticas. Un ejemplo claro es el caso de las claves alotéticas visuales. Las fallas para reconocer puntos de referencia visuales o para detectar cambios en la posición de objetos se han asociado a fallas en la codificación aspectos semánticos del objeto. Tales alteraciones han sido asociadas a lesiones en la corteza perirrinal y parahipocampal, así como sus proyecciones de retorno a la corteza entorrinal (Bird y Burgess, 2008).

2.2.7. Idiotéticas taxonómicas

Esta estrategia, también llamada estrategia de navegación por claves, consiste en dirigirse hacia un objetivo orientando el movimiento de la cabeza hacia una clave alotética. Ello permite establecer un sistema de coordenadas entre la ubicación del cuerpo y el objetivo, con base en el cual se conduce la navegación. El movimiento de la cabeza es de vital importancia para este tipo de navegación, y la orientación dada a partir de la posición de la cabeza con respecto a la clave alotética, conlleva a la activación de un sistema de células, llamadas “de cabeza”. Se activan cuando la cabeza se orienta hacia la clave alotética, aún cuando el tronco del animal se encuentre frente a otro punto de referencia (Bird y Burgess, 2008). Estas células, al igual que otro grupo denominado “células de red”, se activan también cuando la clave alotética visual es rotada (Mosser, 2014).

Bird y Burgess (2008) señalan que las células de cabeza han sido encontradas en los cuerpos mamilares, núcleo anterior del tálamo, presubículo y corteza entorrinal. Su alteración conlleva a fallas en la exactitud de la angulación de la orientación de la cabeza hacia la clave alotética. Tal sistema de neuronas de cabeza participa en la codificación de las claves alotéticas en la memoria a largo plazo (Hartley y Burgess, 2002).

La correcta orientación de la cabeza hacia la clave alotética se denomina clave taxonómica. Lo cual ocurre ante el movimiento de la cabeza, el cual puede realizarse de manera pasiva o activa. El movimiento pasivo de cabeza es dado por desplazamientos corporales o rotaciones del tronco en dirección a la clave alotética. Mientras que el movimiento activo es dado por rotaciones y/o angulaciones del cuello, sin que exista necesariamente movimiento o desplazamiento del cuerpo hacia la clave alotética. Distinguir si el movimiento de la cabeza ha

sido pasivo y activo, es un proceso que requiere el cálculo y diferenciación entre la posición de la cabeza y el cuerpo (Cullen et al., 2011).

El movimiento de la cabeza es procesado por estructuras vestibulares, mientras que la información del movimiento corporal, recluta diversas señales. Los cálculos de la posición de ambas partes del cuerpo son integrados para distinguir qué parte del cuerpo es la que se encuentra orientada hacia la clave. El establecimiento de ambos marcos de referencia, de la cabeza o del cuerpo con respecto al ambiente, son realizados por transformaciones de ambos marcos de referencia realizadas en diferentes regiones del cerebelo (Rochefort et al., 2013), destacando entre ellas el núcleo fastigial (Cullen et al., 2011). Inicialmente la estimulación vestibular en los órganos otolíticos brinda información de movimiento lineal de la cabeza; a su vez los canales semicirculares proveen de información rotacional. Las células receptoras detectan información con base en un marco de referencia centrado en la cabeza (Rochefort et al., 2013). Un grupo de neuronas en el núcleo vestibular denominadas “VO1”, se activan solo cuando la cabeza es movida por el cuerpo (movimiento pasivo); pero no se activan ante los movimientos de la cabeza rotacionales, realizados por el cuello (movimiento activo) Cullen et al. (2011).

Para que exista la activación de estas células del VO1, se integra información de regiones corticales y del núcleo fastigial rostral cerebelar. Tales estructuras crean un modelo interno de estimación propioceptiva, lo cual es realizado mediante la comparación de la orden motora eferente contra el movimiento planeado y así se forma el modelo interno de propiocepción. Cuando la copia eferente indica que el movimiento con extremidades o el cuerpo coincide con el movimiento planeado, se informa dicha coherencia al núcleo vestibular. Esta coherencia conlleva a cancelar la interpretación del movimiento de cabeza como movimiento activo. Por ende, se informa al núcleo vestibular que el movimiento de cabeza es pasivo. Esta información es básica

para cancelar señales vestibulares autogeneradas, permitiendo que el navegante se enfoque en estímulos externos pertinentes para la navegación, sin desorientarse por el movimiento de cabeza dado por el cuerpo (Cullen et al., 2011).

Los errores presentes en la navegación cuando se presenta el movimiento activo de la cabeza, conllevarían a fallas en el proceso de cancelación de información del movimiento pasivo de cabeza (Cullen et al., 2011). Dificultades en la integración de información del movimiento pasivo y activo de la cabeza, conllevarían a desorientación cuando la cabeza y el tronco, se mueven hacia posiciones distintas (Cullen et al., 2011).

El subsistema parietal posterior también lleva a cabo un proceso de anteroalimentación necesario para orientarse mediante claves taxonómicas. Tal proceso recibe información de la mirada, angulación de la misma con respecto a la cabeza, así como información visual respecto a las coordenadas de ubicación del objeto. Este procesamiento se realiza por tres capas de esta corteza: la capa I recibe información de la ubicación de la retina y la dirección que toma la mirada, es decir, del ángulo del ojo en la cabeza. La capa II transmite la información que representa la ubicación de la cabeza y la capa III procesa información aferente y eferente de las capas I y II, las cuales realizan cálculos exactos respecto a la ubicación de la cabeza y ojo, en relación con el objeto, a partir de la mirada. Esta tercer capa se ubica en el surco intraparietal. La traducción de múltiples representaciones egocéntricas son mediadas por esta tercer capa (Hartley y Burgess, 2002).

2.2.8. Idiotéticas por estrategia práctica

La navegación basada solo en claves idiotéticas prácticas también es llamada navegación mediante “Estrategia de Respuesta” (Khamessi y Humphries, 2012). Este tipo de navegación consiste en giros corporales que se enlazan en una secuencia de rotaciones dadas ante la

presencia de una clave alotética. Esta última, con frecuencia es visual o táctil, percibiendo una textura en el piso. A diferencia de la estrategia taxonómica, en la estrategia práxica el giro se presenta después de haber identificado la clave alotética --por ejemplo: al ver una cruz, dar vuelta a la derecha— o bien a partir de un encadenamiento de giros dados después de desplazarse algunos pasos. Mientras que en la estrategia taxonómica vestibular pasiva, el giro del cuerpo sintonizado con el de la cabeza, se realiza para orientarse hacia la clave alotética (Sukumar, Rengaswamy y Chakravarthy, 2012).

Las claves práxicas están sustentadas por las representaciones propioceptivas y motoras del estriado que permiten realizar movimiento estereotipados (Sukumar, Rengaswamy y Chakravarthy, 2012). Otras estructuras participan antes de que tales movimientos sean automatizados, como el cíngulo posterior derecho, el cual permite identificar el sentido hacia donde girar (Moraleda, Romero y Cayetano, 2015). El lóbulo cerebeloso VII A Crus I derecho, corteza prefrontal medial CPFM y el hipocampo izquierdo también participan en el sostenimiento de secuencias de claves práxicas es necesario para llegar a la meta (Igoi et al., 2014).

La navegación mediante estrategias práxicas codifica la trayectoria apoyándose en el uso de un sistema de coordenadas egocéntricas brindado por el movimiento del cuerpo (Khamessi y Humphries, 2012; Sukumar, Rengaswamy y Chakravarthy, 2012). Esta estrategia es utilizada con mayor frecuencia ante la ausencia de referencias ambientales, como es el caso de la navegación en la oscuridad o neblina densa. Este tipo de navegación tiene gran exactitud métrica, si se aborda desde un punto de referencia inicial a otro final, en línea directa (Witter y Mosser, 2006). Pero es poco eficiente cuando se requiere realizar giros tras recorrer una distancia estimada. En tal caso es frecuente la acumulación de errores de estimación, tal error es

denominado “dead reckoning”. La falla puede deberse tanto por fallas en el cálculo de la distancia navegada como por errores en la precisión de la angulación de dichos giros, los cuales se acumulan conforme se ejecuta la secuencia de giros (Witter y Mosser, 2006).

Las claves idiotéticas se utilizan en secuencias motoras, y también pueden utilizarse en combinación con claves alotéticas. Las combinaciones entre claves idiotéticas y/o alotéticas, depende de las condiciones del ambiente (Sukumar, Rengaswamy y Chakravarthy, 2012). Las relaciones entre claves idiotética-idiotética, idiotética-alotética o alotética-alotética, permiten orientar la navegación formando relaciones espaciales egocéntricas y alocéntricas, las cuales son abordadas en la siguiente unidad de análisis.

2.3 Orientadores: relaciones espaciales.

Para conocer las coordenadas en que un ser vivo se encuentra en el ambiente, el ser vivo debe considerar tanto su propia ubicación con respecto a uno o varios puntos de referencia, como la relación de estos puntos de referencia entre sí. Así, una tarea de navegación requiere tanto de relaciones entre puntos de referencia ambientales (alotéticas) y del organismo (idiotéticas) con ellos (Witter y Mosser, 2006). Este tipo de estrategias han sido estudiadas en las estrategias de navegación de respuesta y de claves o lugar.

En la navegación mediante claves ambientales o de lugar, las claves alotéticas son primordiales para orientar la navegación. Esta orientación puede realizarse de dos maneras, una es estableciendo una relación entre una clave idiotética y otra alotética, creando una relación egocéntrica; la segunda forma de orientación es estableciendo relaciones entre dos o más claves alotéticas, formando así relaciones alocéntricas.

Las relaciones egocéntricas y alocéntricas, constituyen los orientadores de la navegación, es decir, esta unidad de análisis. Burgess (2006) señala que las representaciones egocéntricas y

alocéntricas existen en paralelo, combinándose para apoyar y complementar la conducta de navegación.

El sustrato neurobiológico de las representaciones egocéntricas en mamíferos, ha sido atribuido de manera muy gruesa, a las proyecciones parietales dorsales; mientras que las representaciones alocéntricas se mantendrían por el funcionamiento de la corriente ventral. Ambas corrientes reflejan un patrón de activación neural en regiones temporales mediales y en regiones intraparietales (Burgess, 2006). Sin embargo, investigaciones en navegación muestran que estas vías son subsistemas donde deriva la información proveniente de otras regiones tanto corticales como subcorticales. Así, son más estructuras las que participan en el establecimiento de relaciones espaciales egocéntricas o alocéntricas.

2.3.1. Relaciones egocéntricas

Anteriormente hemos hablado de las relaciones egocéntricas en la navegación basada en claves o de lugar, en las cuales se asocia una clave idiotética con una alotética. En las estrategias de navegación de respuesta, no siempre encontramos claves alotéticas, observándose solamente el encadenamiento de claves idiotéticas. En casos de sobreentrenamiento de una ruta establecida mediante relaciones egocéntricas, es común que la navegación termine realizándose mediante estrategia de respuesta. En estos casos, la clave alotética puede ser evocada o bien omitida para formar el encadenamiento entre claves idiotéticas práxicas (Kamessi y Humphries, 2012), por lo que podemos observar que se basa en una relación egocéntrica inicial. En otros casos, en los cuales solo se documenta la navegación práxica, observamos que el giro previo, orienta al subsecuente, formando una relación entre una clave idiotética actual, con una previamente realizada, que sirve como punto de referencia. Por ende, propongo que la navegación por estrategias de respuesta, también se apoya en el establecimiento de una relación egocéntrica, ya

sea por la evocación de una clave alotética antes utilizada, o bien por el uso de acciones previamente realizadas que sirven como puntos de referencia.

Goodale y Milner (2008) señalaron que la vía dorsal identifica forma y tamaño del objeto en tiempo real mediante una comprobación de estas características en relación con la mano del que manipula. Ello implica una relación del agente con respecto al objeto, lo cual también ha sido denominado relación egocéntrica. Frith y Vignemont (2005) proponen que esta vía constituye la base neuroanatómica de la esta relación egocéntrica. Baumann y Mattingley (2010) también señalan que este subsistema es crítico en el procesamiento egocéntrico, pero indican que el lóbulo parietal inferior participa en la toma de perspectiva egocéntrica, mientras que parietal medial participaría en la memoria.

Las estructuras parietales posteriores bilateral, también impactan en la capacidad de orientarse mediante relaciones egocéntricas con claves alotéticas auditivas y visuales. Los pacientes con extinción modal cruzada por daño parietal unilateral, descuidarán estímulos ubicados en el lado contralateral de la lesión (Kravitz et al., 2011). La investigación en navegación también destaca el papel de estructuras temporales derechas en la codificación de relaciones egocéntricas. Su afectación altera la asociación entre una clave alotética y una idiotética, sin importar el número de ensayos realizados para establecer esta asociación (Moraleta, Romero y Cayetano, 2015).

Observamos así, que parietal posterior y estructuras temporales mediales participan en el establecimiento de relaciones egocéntricas. Kravitz et al. (2011) analizan las proyecciones dorsales, replanteando el papel de la vía dorsal. Retoman el papel de la visión para la acción, planteado por Miskin, Ungerleider y Macko (1983), actualizando el papel de estas proyecciones. Proponen tres vías que parten de parietal posterior, una proyecta hacia corteza prefrontal, otra hacia corteza premotora y la tercera hacia temporal medial. Siendo las proyecciones parieto-

premotoras las que sostendrían la visión para la acción, las proyecciones parieto-prefrontales en la memoria de trabajo espacial y las proyecciones parieto-temporomediales las que participan en la navegación. Son estas últimas proyecciones las que participan tanto en la codificación de claves idiotéticas como alotéticas.

Volviendo a la codificación de relaciones egocéntricas, podemos decir que no se ha establecido un parámetro estándar de repeticiones necesarias para el establecimiento de dicha asociación en humanos. Sin embargo, en ratas se ha observado que, la asociación entre claves idiotéticas con alotéticas visuales u olfativas, se establece después de 5 repeticiones (Mosser, 2014). La evocación de la clave idiotética a realizar en la estrategia de respuesta, se obtiene del almacén de recuerdos espaciales ubicado en CA1 y CA3.. Se pueden presentar fallas en la evocación de la correspondiente clave idiotética debido a saturación de información táctil codificada de manera simultánea, proponiéndose que tres variaciones táctiles es un límite conveniente, p.e. textura, vibración y temperatura. Cuando se incluyen más variaciones táctiles, el procesamiento puede afectar substancialmente la velocidad en la evocación de la clave idiotética adecuada (incrementar hasta 10 min para elegir la clave idiotética) (Fox et al., 2009). La combinación de información táctil junto con otras claves alotéticas también pueden ser un exceso de información que satura el procesamiento de respuestas prácticas. Ello conlleva a errores en la angulación de los giros a realizar, afectando la navegación orientada por relaciones egocéntricas (Passot et al., 2012).

2.3.2. Relaciones allocéntricas

Existe otro tipo de relación posible para orientar la navegación de manera eficiente, utilizada también durante las estrategias de navegación de lugar o ambientales, estas son las relaciones

espaciales alocéntricas. A diferencia de la relación egocéntrica, la relación alocéntrica se establece entre dos o más claves alotéticas, sin incluir claves idiotéticas, lo que la convierte en independiente del punto de vista del observador. Este tipo de relaciones son codificadas en un mapa cognitivo, y también pueden ser representadas mediante la elaboración de cartografías. Esta codificación del mapa cognitivo es un proceso complejo, que requiere la integración de vías, o rutas, en una configuración que indica el desplazamiento para ir de un punto inicial a la meta.

El establecimiento de relaciones alocéntricas considera ambos hipocampos (Burgess et al., 2002; Witter y Mosser, 2006; Sukumar, Rengaswamy y Chakrava, 2012; Moraleda, Romero y Cayetano, 2015) y parietal inferior derecho. La implicación del lóbulo parietal inferior derecho posiblemente puede deberse a que tal reconocimiento como reproducción de mapas, requiere que mentalmente se construya una escena coherente y compleja. Esta estructura, junto con los subsistemas temporales mediales, hipocampo, corteza parahipocampal, corteza parietal posterior, corteza retrosplenial y precúneo, son reportados activos en tareas de construcción mental de escenas, ya sean recordadas como creadas (Irish, Halena, Kamminga, Tu, Hornberger y Hodges, 2015). En este sentido, Burgess et al. (2002) señalan que las relaciones alocéntricas necesariamente se apoyan del uso de la memoria a largo plazo. Ello tiene sentido en tanto esta memoria no contemple la memoria procedimental, pues en ella las claves práxicas, taxonómicas se relacionarían con claves alotéticas a partir la ubicación de estas últimas, con respecto a la mirada, la mano y a otras partes del cuerpo. En tal caso, la memoria procedimental a largo plazo evocaría una relación espacial egocéntrica.

El hipocampo agrupa claves alotéticas (puntos de referencia) agrupándolos en una sola imagen o configuración, facilitando así recordar un volumen amplio de información si se evocara a partir de relaciones egocéntricas, en la cual las relaciones se establecen estímulo por estímulo

(Bird y Burgess, 2008). La alteración en las células de lugar del hipocampo derecho (Burgess et al., 2002) y en la arborización dendrítica de células piramidales en CA1, conlleva a dificultad para establecer relaciones aloclínicas. En ratas, este aprendizaje requiere mayor cantidad de ensayos (Nishimura, Gu y Swann, 2011). Esta dificultad se acentúa cuando la alteración en la arborización es inducida en edades tempranas, como ocurre con la epilepsia en estas edades (Casanova et al., 2012).

Ambos hipocampos, estampan información espacial, episódica y declarativa en la referenciación espaciotemporal (Burgess et al., 2002). Las personas con lesiones en hipocampo derecho como bilateral, presentan fallas para orientar su navegación, basándose en el uso de mapas o cartografías (Burgess et al., 2002, Witter y Mosser, 2006; Sukumar, Rengaswamy y Chakrava, 2012; Moraleda, Romero y Cayetano, 2015). El hipocampo como sus áreas adyacentes, al codificar gran número de puntos de referencia, organizan una geometría espacial del lugar y de los objetos ubicados en éste. Gracias a esta configuración, es posible reconocer un lugar desde diferentes puntos de vista (Bird y Burgess, 2008). Se ha planteado que las representaciones aloclínicas de la memoria espacial, permiten construir modelos que ayudan a formar la memoria semántica, construida con base en la experiencia. Las representaciones aloclínicas apoyadas en la memoria espacial, dan lugar a una memoria relacional que permite evocar puntos de vista distintos y nuevos, desde los cuales se relacionan los objetos (Burgess, 2006).

El papel de estructuras temporales mediales izquierdas en el establecimiento de relaciones aloclínicas, se vuelve a hacer evidente al observar, que la habilidad de establecer relaciones aloclínicas, geométricas como entre claves alotéticas durante la navegación, mejoran substancialmente cuando se aprende a utilizar las nociones espaciales “junto, cerca, arriba de,

debajo de” (Haye, Winkler, Lee, Izard, Shapiro y Spelke, 2011). En este sentido, Haye, Winkler, Lee, Izard, Shapiro y Spelke (2011) no plantean una distinción entre gestos simbólicos que refieran el concepto “derecha-izquierda”, de gestos de dirección, en los cuales el sentido del movimiento del gesto permite sustituir la noción espacial por una relación espacial corporal centrada en quien realiza el gesto.

Las relaciones aloclínicas en la navegación se apoyan en la información de la memoria a largo plazo, cuyo volumen es robusto (Burgess et al., 2002). Se han observado fallas en la codificación, evocación y reconocimiento de relaciones espaciales aloclínicas en personas con daño hipocámpal (Burgess et al., 2002, Witter y Mosser, 2006; Sukumar, Rengaswamy y Chakrava, 2012; Moraleda, Romero y Cayetano, 2015), epilepsia del lóbulo temporal, amigdalohipocámpotomía derecha, parahipocampo derecho, parietal inferior derecho (Burgess et al., 2002), compensada por proyecciones frontoparietales izquierdas al establecer relaciones semánticas entre palabras que designan animales, y frontotemporales izquierdas en el caso de sustantivos (Rodríguez-Ferreiro, 2012).

En lesiones temporales izquierdas, también se han observado fallas en la construcción de mapas, como en el reconocimiento de lugares familiares en comparación con lugares semejantes pero novedosos. El desempeño de estas personas es peor que de controles sanos, pero mejor al que tienen personas con lesiones temporales derechas (Burgess et al., 2002).

Las fallas en codificación y evocación espontánea, es corroborada por otras investigaciones en navegación. La alteración en hipocampo bilateral y de las células de lugar, de frontera y de red, afecta la codificación geométrica del ambiente (Bird y Burgess, 2008).

2.3.3. Transformación de relaciones egocéntricas a allocéntricas

Inicialmente, la estrategia de navegación de lugar se apoya en la orientación mediante relaciones egocéntricas pero cuando se usa repetidamente esta estrategia, aunque se favorece la navegación mediante estrategia de respuesta, también se obtiene mayor conocimiento de la estructura del ambiente. ello favorece el establecimiento de relaciones entre claves alotéticas codificando relaciones allocéntricas (Burgess, 2006). La corteza parietal posterior participa en la transformación de representaciones egocéntricas a representaciones allocéntricas, almacenadas en la formación hipocampal. Su función también favorece la manipulación de información espacial (combinando información sensorial y memoria espacial) para planear una ruta de navegación, siendo de principal relevancia para esta función, la región posterior del precúneo (Igoi et al., 2014). Para lograrlo, la corteza parietal recibiría información idiotética procesada en el lóbulo VII A crus I del cerebelo derecho (Igoi et al., 2014), la cual también es procesada por estructuras basales como se analizó en las bases neuroanatómicas de las claves idiotéticas.

Aunado a ello, también ha sido documentado la implicación de el complejo retrosplenial (RSC), conformado por la corteza retrosplenial y algunas porciones de la corteza posterior del cíngulo, se ha asociado a la extrapolación de representaciones espaciales egocéntricas a allocéntricas, integradas con diferentes perspectivas. Cuando los participantes humanos se les presenta una imagen de una parte de una escena, el complejo retrosplenial (RSC) muestra evidencia de generación de representaciones que se extrapolan más allá del borde de la imagen. Las representaciones del complejo retrosplenial pueden ser allocéntricas, con algunos grados de punto de vista independiente, y la actividad en esta región se asocia con el aprendizaje de configuraciones de claves alotéticas. Así, las representaciones del complejo retrosplenial (RSC)

contribuyen que el punto de vista actual del observador sea transformado en un contexto espacial allocéntrico (Kravitz et al., 2011).

Los hallazgos conductuales que permitirían inferir fallas en la integración o tránsito, apuntan al análisis diferencial en el procesamiento de relaciones egocéntricas o allocéntricas antes mencionado. Fox et al (2009) indica que también se enfocan en fallas en el procesamiento de información alotética o idiotética necesario para la navegación. Burgess et al. (2002), reportan que la traslación de la información allocéntrica (mapa mental, uso de mapas) para ser utilizado por información egocéntrica en la navegación por imaginaria visual (p.e. uso eficiente de estrategias práxicas y taxonómicas) implica diversas regiones como lesiones en el área de brodmann 7 (parietal posterior superior), corteza retrosplenial bilateral e hipocampo derecho.

Tránsito de relaciones allocéntricas a egocéntricas

El giro lingual en humanos y la corteza parahipocampal posterior en su región caudal, son fundamentales para identificar puntos de referencia relevantes para la navegación, cuando se encuentran asociados en relaciones allocéntricas. Al analizar interconexiones con otros componentes de la vía parieto-temporomedial en monos, se ha observado que la corteza parahipocampal posterior en su porción caudal (area TFO), homóloga al del giro lingual en humanos, conduce a una forma de desorientación topográfica, conocida como agnosia para los puntos de referencia. Los pacientes con este tipo de agnosia no tienen dificultad en orientarse ellos mismos en un ambiente o en producir mapas, sin embargo no pueden reconocer puntos de referencia relevantes para la navegación (Kravitz et al., 2011).

La ablación de la corteza parahipocampal posterior en su porción rostral en monos (áreas TF y TH), produce déficits en la memoria asociativa entre la ubicación espacial de un objeto (asociación entre lugar y objeto). Consistente con las funciones de una región asociada al

procesamiento espacial del contexto, las neuronas de estas áreas (TF/TH) en monos, muestran una débil selectividad para objetos individuales y tienen un amplio campo visual receptivo no solo con un sesgo hacia la fóvea. Además, mantienen fuertes conexiones con el hipocampo y se propone que el daño estas áreas en el humano, provoca desorientación topográfica anterograda, en la cual los pacientes no pueden formar mapas mentales de nuevos ambientes. En contraste a la desorientación de rutas observada en el daño de la RSC, estos pacientes tienen una orientación intacta, pero no pueden aprender nuevas rutas en ambientes novedosos (Kravitz et al., 2011).

Elección de relaciones egocéntricas o aloécnicas

Existen diferentes factores que conllevan al predominio del uso de relaciones egocéntricas o aloécnicas. Una vez que los animales han aprendido a navegar apoyándose en ambas relaciones en un mismo ambiente, prefieren utilizar las relaciones egocéntricas para navegar hacia su objetivo, eligiendo la navegación aloécnica sólo en 15 ensayos de 50 ensayos (Khamessi y Humphries, 2012).

Las personas con lesiones en estas estructuras buscan orientarse apoyándose en navegación mediante estrategias de respuesta, es decir, se apoyan predominantemente en estrategias taxonómicas y práxicas (Moraleda, Romero y Cayetano, 2015). El uso predominante de tal estrategia debe ser analizado con precaución, pues no siempre indica la alteración de dichos subsistemas. Es común que tras un sobreentrenamiento de una ruta, predominen estrategias de navegación de respuesta sin que exista una falla en los subsistemas hipocampales (Khamessi y Humphries, 2012). Por lo que en un ambiente novedoso, es un buen escenario para valorar el uso de estrategias de respuestas vs de lugar, y llegar a inferencias más oportunas.

Existen algunos factores que influyen en la elección de relaciones egocéntricas o aloécnicas para orientar la navegación. En ambientes de oscuridad o neblina, es menos fácil identificar

claves alotéticas y conviene apoyarse en estrategias que evocan relaciones egocéntricas como la estrategia de respuesta. Por el contrario, factores como el incremento en el número de movimientos, aumento en el volumen de puntos de referencia, aumento de distancia entre el observador y la clave alotética, ampliación del tamaño del ambiente conllevan a una navegación menos eficiente cuando se apoya de relaciones egocéntricas, por lo que es más eficiente el apoyo en relaciones allocéntricas (Burgess, 2006).

2.3.4. Integración de relaciones egocéntricas y allocéntricas.

Los mamíferos determinan su posición en el espacio, apoyándose en relaciones egocéntricas como allocéntricas. Consideran el ángulo desde el cual se han posicionado con respecto a puntos de referencia distales. Pero también se requiere identificar las relaciones allocéntricas del mapa del ambiente individual. Se apoya en las células de lugar ubicadas tanto en hipocampo derecho (Mosser, 2014), corteza parahipocampal y células de frontera (Bird y Burgess, 2008).

La combinación de relaciones egocéntricas y allocéntricas se expresa en una representación espacial actualizada de la posición del animal en el espacio. Ello es logrado por la red que incluye al hipocampo, presubiculo, implicando células de lugar, de cabeza, células frontera (Witter y Mosser, 2006) células de velocidad (Kropff, 2015) células conjuntas y de red, cuya función es sintonizar la dirección del movimiento de la cabeza del animal en el ambiente (Mosser, 2014).

Las células de lugar, células de red células frontera y células de cabeza y células e velocidad, forman ensambles neuronales que descargan en una ubicación común. Esta sincronización en la descarga, forma un pico cuando el animal se encuentra en ese punto en el ambiente. De este modo se conforma el mecanismo de integración de vías (Witter y Mosser, 2006; Kropff et al., 2015). Este proceso requiere de conexiones inhibitorias dadas por interneuronas, células de

canasta y candelabro. Tales células tienen una influencia colectiva en la descarga de células. La inhibición perisomática mediada por GABA, puede facilitar la generación de picos de descarga en neuronas específicas. Posterior a un potencial postsináptico inhibitorio, se presenta una activación de rebote. Este mecanismo de rebote activaría engranes poblaciones de células principales, con lo cual, la red de atracción continua demanda tanto de una excitación sincronizada de un ensamble de células, como de una inhibición extendida. Ambos procesos incluyen a la red hipocámpal (Witter y Mosser, 2006).

Como se observó anteriormente, la navegación de lugar se apoya en la orientación mediante relaciones egocéntricas como aloécnicas. Igoi et al. (2014) plantean que el lóbulo parietal podría participar como estructura mediadora entre el procesamiento del cerebelo e hipocampo para favorecer este tipo de navegación. En estudios con humanos, se ha mostrado el papel de estructuras del cerebelo en interacción con el hipocampo. La navegación apoyada en la navegación de lugar, es sostenida por la coherencia de actividad entre el lóbulo cerebeloso izquierdo VII A cruz I, la corteza parietal medial MPC (precúneo), y el hipocampo. Estos investigadores también observaron la activación de los lóbulos VI, IX y X del cerebelo, indicando que ello se debe a la implicación del procesamiento visual durante esta estrategia (Igoi et al., 2014).

2.3.5. Relaciones topológicas, proyectivas y euclidianas

Una subunidad de análisis dentro de los elementos de orientación egocéntricos o aloécnicos, son las relaciones espaciales que se establecen entre los objetos. Piaget e Inhelder (1977) analizan el desarrollo de tres tipos de relaciones espaciales: Topológicas, proyectivas y Euclidianas. Las primeras, se analizan los elementos que constituyen al mismo objeto; las relaciones proyectivas se apoyan en el estudio de perspectivas y mientras que en las relaciones

euclidianas, son relaciones métricas independientes de la perspectiva. Las relaciones topológicas y proyectivas, pueden analizarse mediante operaciones matemáticas lógicas e infralógicas, aplicándose a objetos múltiples y discontinuos, cuya diversidad de elementos permiten formar unidades no separables. Dichas unidades son susceptibles de clasificar, seriar y enumerar. Las relaciones euclidianas, son analizables a partir de operaciones aritméticas infralógicas, aplicables a objetos complejos o continuos como el tiempo y espacio, y no forman una clase. Se les puede segmentar, ordenar medir y comparar.

Proponemos que el análisis de las relaciones espaciales egocéntricas y aloécnicas, puede subdividirse en topológicas, proyectivas y euclidianas, es decir, una relación egocéntrica puede basarse en estas tres tipos de relaciones espaciales y lo mismo ocurriría con las relaciones aloécnicas (figura 3). Los subsistemas cerebrales implicados variarían dependiendo del subtipo de relación espacial entre elementos, y sus componentes.

Relaciones topológicas, proyectivas y euclidianas.

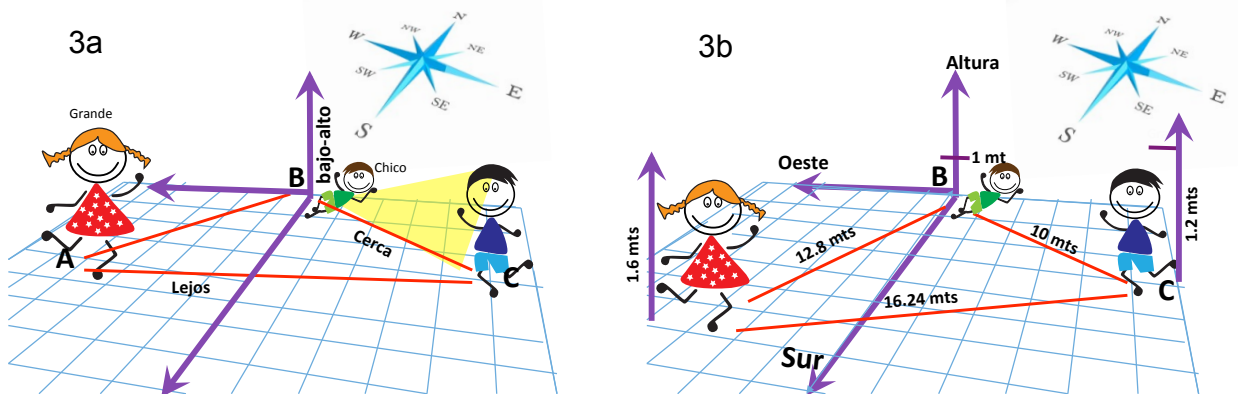


Figura 3. Las relaciones topológicas son ejemplificadas en la figura 3a, señaladas por las nociones cerca, lejos desde la perspectiva de C; alto-bajo desde la perspectiva de A y C. Por otra parte, las nociones proyectivas se identifican a partir del tamaño percibido y distancia percibida a partir de la perspectiva entre A, B y C, las cuales desde el punto de vista del lector, parecen mostrar al niño B como más pequeño, debido a que en perspectiva está ubicado de modo más lejano; y a la niña A como más grande. También se observa también la perspectiva proyectiva en la sombra amarilla proyectada desde la mirada de el niño C con respecto a la ubicación del niño B. En la figura 3b se ejemplifican las relaciones euclidianas. Ello se realiza indicando la ubicación de cada niño en el plano

cartesiano, como a partir de la distancia en unidades de medición entre los mismos niños, la altura en metros en los tres niños y la ubicación en puntos cardinales de los niños.

Se ha propuesto extrapolar el análisis de relaciones espaciales alocéntricas y egocéntricas a la cognición social. Este esquema es propuesto por Frith y Vignemont (2005) quienes plantean dos esquemas para ejemplificar estas relaciones apoyándose en la perspectiva (relaciones proyectivas). Proponen dos esquemas para representar dichas relaciones.

2.4. Medios-herramientas.

Las herramientas facilitan la ejecución de una acción incrementando una capacidad física y/o ampliando nuestras habilidades mentales. Facilitan funciones y procesos como la atención, memoria y pensamiento, promoviendo así el aprendizaje e intencionalidad de la acción (Bodrova y Leong, 2004). Estas son aprendidas por los niños para utilizarse con independencia y creatividad. A partir de ellas, se convierten en empleadores activos de las mismas y creadores de nuevas herramientas, utilizándolas cuando así lo requieren (Bodrova y Leong, 2004).

Para Vygotsky (1977), la construcción del conocimiento es mediado socialmente, influido por la interacción social presente y pasada. Las ideas de otros influyen en los conceptos que el niño construye. Siendo necesaria tanto la manipulación física mediada por el uso de herramientas como la interacción social mediada por el lenguaje, para el desarrollo del niño. La manipulación y la experiencia le permiten construir su propio entendimiento, y no solamente las palabras o ideas que otros le indican. La manipulación le permite integrar las ideas o conceptos enseñados por el adulto, a otras situaciones en las cuales este adulto no está presente (Bodrova y Leong, 2004).

Diferentes elementos de análisis han sido abordados como instrumentos en el estudio de la cognición humana. El lenguaje humano, sin duda es uno de los más estudiados, considerado el

elemento de mediación para la transmisión de experiencias, pensamientos hacia otra persona (social) o a sí mismo (egocéntrico) (Vigotsky, 1977).

De acuerdo con Bodrova y Leong (2004), Vygotsky consideró que las herramientas comprenden tanto los instrumentos mecánicos como los de la mente. Sin embargo, para este análisis realizamos una distinción entre los medios-instrumentos y las funciones y procesos que se ponen en juego durante la navegación. En la categoría de Medios-instrumentos, indicamos aquellas herramientas que es posible observar su manipulación o expresión, como son las herramientas mecánicas para actuar directamente sobre un objeto, los mapas, el uso de gestos, y el habla durante la actividad. Mientras que en la unidad de análisis “Funciones y Procesos” incluimos aquellas herramientas de la mente que ya han sido interiorizadas y son utilizadas para dirigir la conducta no solo en el momento presente, sino apoyadas en la memoria, como puede ser el uso de palabras, recuerdos, para evocar una ruta. Dejamos del lado en esta unidad de análisis, los puntos de referencia utilizados para recordar una ruta, pues esta información, ya es abordada en la unidad de análisis de percepción indicada en párrafos anteriores.

Con base en lo anterior, planteamos los siguientes instrumentos durante la navegación, que van desde el cuerpo como herramienta, hasta el uso de la escritura o mapas. El papel del cuerpo como herramienta tiene una connotación distinta al papel que el cuerpo tiene como proveedor de información idiotética. Esta información permite orientar la navegación, y el acceso a esta información puede ser apoyado por el uso de extremidades, las cuales funcionan como herramientas para acceder o mantener información espacial del medio, como para establecer relaciones entre los elementos ubicados en el mismo. A continuación se proponen algunas herramientas utilizadas durante la navegación de las cuales contamos con estudios que nos permiten tener un referente de actividad neurológica.

2.4.1. Agarre manual

Jean Le Boulch (1978) planteó que el primer objeto a dominar es el propio cuerpo, pero también es el primer instrumento del cual se vale el niño para operar sobre el mundo. En 1978 esto no era una propuesta nueva, ya en 1876 Engels había señalado el uso de la mano como órgano del trabajo. Destacó el papel del pulgar para el agarre manual, siendo ello producto de la adaptación del mono a las necesidades del medio (Engels, 1980). Este planteamiento del cuerpo como herramienta se mantiene vigente. Goldenberg (2009) propone que el cuerpo humano es un objeto multipartes, con movilidad dada por relaciones biomecánicas. En éste, la mano tiene conexiones tanto con otros órganos del cuerpo, y distalmente se conecta con herramientas externas. Dichos instrumentos participan en la cadena de mediación para actuar sobre un objetivo en el ambiente externo.

El agarre manual demanda el conocimiento de la posición de la mano con respecto al cuerpo (parietal izquierdo o TPO izquierda) y de la configuración interna de la mano. La formación de configuraciones espaciales uniendo posturas de manos y dedos, comprenden la participación de subsistemas frontal como parietal izquierdo. En el caso de que la configuración solo sea realizada con posturas de dedos, se plantea que el subsistema que lo sustenta es el giro frontal inferior izquierdo y la materia blanca que le subyace. (Goldenberg, 2009).

El agarre manual brinda información métrica que mapea la relación espacial presente entre el objeto y el observador. Esta información es sustentada por la corriente dorsal, con más precisión hablaríamos de las proyecciones de parietal posterior hacia la corteza premotora para guiar visualmente la acción (Kravitz et al., 2011) pero se nutre de información que permite identificar la forma del objeto y su disposición con respecto a coordenadas egocéntricas. Esta información no es tan específica como la que brinda la corriente ventral, sino más bien se apoya en

información actualizada proveniente de la retina, para especificar parámetros de movimientos requeridos. Ello es necesario para programar y controlar los movimientos necesarios para actuar sobre el objeto (Milner y Goodale, 2008).

Esta vía dorsal proyecta por el fascículo longitudinal superior conectando la corteza estriada y preestriada con parietal inferior, y posteriormente con corteza premotora (Kravitz et al., 2011). Esta vía, permite la guía visual para actuar sobre los objetos procesados por la vía ventral y es apoyada de las proyecciones parietales hacia regiones límbicas en la construcción de mapas. Las proyecciones de la corteza estriada y preestriada hacia la corteza occipitoparietal (OA) y al surco intraparietal posterior, permiten la ubicación espacial del objeto y la percepción de las relaciones entre objeto (Mishkin, Ungerleider y Macko, 1983). Mientras que las regiones de parietal posterior que comprenden la corteza premotora dorsal y el área lateral intraparietal, codifican la información visual, transformando la ubicación visuoespacial del objeto, en información sensoriomotora, ubicando la dirección de la mano, brazo u hombro en dirección al objeto (Bremer y Andersen, 2014). En parietal posterior, se realizan también los cálculos respecto de la ubicación de la cabeza y ojo con respecto al objeto (Hartley y Burgess, 2002)

Los ajustes en línea del propio movimiento se apoyan en la percepción de la propia acción, por lo cual se apoyan de mapas somatotópicos. Estos son sustentados por el área somatosensorial, que recibe aferencias desde subsistemas subcorticales, entre ellos, la información vestibular del cerebelo. Proyecciones de la vía dorsopremotora también interactúan para guiar acciones en el espacio peripersonal, proyectando a la corteza premotora ventral para mediar el movimiento ocular en la búsqueda y para guiar visualmente el agarre (Kravitz et al., 2011). La selección del objetivo puede realizarse tanto por un procesamiento bottom up que

comprende la red frontoparietal ventral izquierdo o top-down apoyada en la red frontoparietal dorsal (Singh-Curry y Hussain, 2009).

2.4.2. Gestos

Vygotsky (1977) cuestionó el papel de la expresión corporal como instrumento, especialmente cuando éste alude a expresiones de afecto. Sin embargo, para Wallon (1978), el gesto sí es un elemento de transmisión relevante que permite observar los indicios para la formación del símbolo. Por esta razón, el gesto como herramienta para declarar puntos de referencia o como medio de orientación en la navegación, es incluido en este estudio.

2.4.2.1. Gestos transitivos.

El uso del gesto transitivo, tiene una ventaja para la memoria. La capacidad de manejo activo de información visual tiene una capacidad limitada a tres o cuatro objetos. La imitación de gestos transitivos disminuye de la carga en la memoria de trabajo espacial, apoyándose en la equivalencia de las herramientas y partes del cuerpo que se logra, al copiar la información externa. Al mantener la información visual en la propia percepción del cuerpo, disminuyen la necesidad de verificar relaciones espaciales simples (Goldenberg, 2009). La información brindada por las extremidades se mantiene online, indicando especificaciones no solo del control de la acción, sino también de la forma de los objetos identificada mediante el agarre (Milner y Goodale, 2008).

El desempeño de gestos transitivos a la imitación como ante la orden, es sustentado por subsistemas parietales y frontal inferior izquierdos, porciones adyacentes a la ínsula y giro precentral. Se considera que el papel de parietal inferior izquierdo, es debido a que este subsistema sustenta la aprehensión categorial de relaciones espaciales entre el uso de múltiples objetos, así como de relaciones espaciales entre múltiples partes del mismo objeto. Las

dificultades para realizar gestos transitivos o utilizar objetos, ocurren ante lesiones parietales en comparación con los otros subsistemas implicados. Solo cuando la lesión parietal izquierda es acompañada de otras estructuras como parietal inferior izquierdo, giro precentral, regiones adyacentes a la ínsula o bien del lóbulo temporal, parietal derecho, ganglios basales o tálamo, la dificultad en el uso de la herramienta u objetos es tal que lleva a un uso completamente ineficaz del mismo (Goldenberg, 2009).

Las fallas para apreciar la relación de herramientas con el conocimiento semántico de la misma, también ha sido asociada a lesiones cerebrales izquierdas. Cuando se les pide realizar tareas de pareamiento entre estímulos, un reloj de mano es pareado a un compas en lugar de hacerlo con un reloj digital. Atienden mayormente a la semejanza perceptual y fallan en la característica funcional de dar la hora. Pueden mantenerse las propiedades mecánicas del objeto pero no su objetivo, p.e. usar un cepillo de dientes para peinar el cabello o limpiar una chaqueta. El efecto mecánico del cepillado se mantiene, pero no el es compatible con el conocimiento semántico del uso prototípico del objeto (Goldenberg, 2009).

2.4.2.2. Gestos intransitivos.

Los gestos con sentido, también ha sido asociada a parietal izquierdo. La ejecución de gestos simbólicos bajo la instrucción verbal se ha asociado al funcionamiento de regiones subcorticales ubicadas bajo el opérculo parietal y giro supramarginal izquierdos; mientras que la visuoimitación de estos gestos, se ha asociado a los giros supramarginal y angular izquierdos. Sin embargo se plantea que el subsistema parietal izquierdo no es completamente substancial para la producción de gestos simbólicos. Esto se debe a que pacientes con autopagnosia secundaria a lesiones parietales externas, logran ejecutar gestos simbólicos bajo instrucción verbal. Así,

pacientes con lesiones parietales izquierdas, pueden producir gestos como saludar ante la orden verbal y la imitación (Goldenberg, 2009).

Los gestos con significado son almacenados en la memoria a largo plazo, dando soporte a una ruta semántica alternativa para la imitación. Ello evita realizar un análisis explícito de la relación espacial entre las partes del cuerpo cuando se produce el gesto. Así, los sujetos reconocen el significado del gesto y lo reproducen apoyándose en el conocimiento que asocia la forma del gesto con su significado. El uso de gestos para señalar ubicaciones espaciales se ha asociado a la activación de subsistemas izquierdos: el giro angular, temporal superior e hipocampo. La actividad del hemisferio derecho también se ha observado asociada a la producción de gestos simbólicos, especialmente al realizar posturas con los pies. Y tanto el hemisferio derecho como regiones frontales izquierdas se han asociado a la imitación de gestos simbólicos utilizando los dedos, y el gesto simbólico para referir puntos de referencia se ha asociado a subsistemas izquierdos como el giro angular, temporal superior e hipocampo (Goldenberg, 2009).

2.4.3. Habla: regulación verbal.

El papel del habla como instrumento del pensamiento, ya fue propuesto por Vigotsky (1977) cuando planteó que el habla, no solo acompaña la actividad infantil como medio expresivo y para relajar la tensión, sino que puede alterar el curso de la actividad y regularla. Frente a dificultades durante la actividad, el lenguaje cambia el curso de la misma asumiendo una función directiva, y elevando los actos del niño al nivel del comportamiento intencional.

El habla del niño ha mostrado ser eficiente para inhibir conductas motoras, orientar la discriminación sensorial, favorecer, posibilitar el control motor cuando el movimiento corporal adquiere función simbólica de un problema resuelto mentalmente (Luria, 1982). Como

herramienta, también permite evocar información, lo cual se abordará con mayor detalle en la unidad de análisis de Funciones y Procesos.

El lenguaje permite la autorregulación de la actividad (Bodrova y Leong, 2004), ésta función se ha asociado al desarrollo de subsistemas relacionados con el lenguaje, especialmente regiones frontales. En adultos con lesiones frontales sin afasia, se presenta una disociación del sistema de señales y la función reguladora del lenguaje. Por el contrario, en adultos con lesiones en zonas mediales como temporal inferior izquierdo, se trastorna el análisis y la síntesis acústico afectando la estructura acústica del lenguaje, pero se mantiene la función reguladora del mismo (Luria, 1982).

Sin embargo en el caso de los niños, Etchepareborda y López-Escribano (2005) señalan que el desarrollo de subsistemas anteriores como posteriores tienen un papel importante en la función del lenguaje como regulador de la actividad. La afectación de tales subsistemas impacta en el desarrollo del mismo, y por ende en su uso como herramienta de regulación. Con respecto a la relación de la cognición espacial y el lenguaje, se ha documentado que la habilidad para referir nociones derecha e izquierda verbal o gestualmente, favorece el establecimiento de relaciones aloécnicas. Ello puede realizarse utilizando etiquetas lexicales o gestos. Cuando aún no se ha desarrollado para referir nociones espaciales, se afecta la habilidad para establecer relaciones aloécnicas entre la geometría del ambiente y otros puntos de referencia (Haye, Winkler, Lee, Izard, Shapiro y Spelke, 2011).

En la línea del desarrollo, alrededor de los 18 meses de edad, los niños pueden seguir ordenes simples como “dame tu mano”. Lo cual muestra el papel del lenguaje para activar la acción. Con respecto al lenguaje expresivo, en un primer momento, el habla se presenta como interjecciones que acompañan la acción (Luria, 1982). Este lenguaje puede estar presente en adultos que han

tenido extensas lesiones corticales, manteniéndose el lenguaje afectivo a partir del funcionamiento de estructuras subcorticales (Luria, 2005). Continuando con un segundo momento del desarrollo, los niños realizan verbalizaciones que acompañan la actividad. En ellas, puede indicar objetos que manipulan o acciones que realizan. En un tercer momento, señalan verbalmente lo que realizarán, planeando y regulando su acción. En un momento de desarrollo ulterior, este lenguaje se vuelve interno y facilita la regulación de su actividad (Luria, 1982).

El lenguaje egocéntrico forma parte de esta línea del desarrollo, siendo una etapa de transición en la evolución que va del lenguaje verbal al internalizado. El habla interiorizada será lo que para el adulto, represente el pensamiento para sí. Más que la adaptación social, tendría la misma función que el lenguaje egocéntrico del niño. Este lenguaje no aparece, sino que se convierte en una reflexión en silencio, y se presenta, entre los 7 y 8 años (Vigotsky, 1977).

2.4.4. Lectoescritura

La lectoescritura es un proceso complejo en el que participa diferentes subsistemas para lograr la codificación, decodificación y recodificación que permite la comunicación de una idea. Para ello, se requiere la participación de distintos subsistemas en los cuatro lóbulos temporales, incluyendo al área motora suplementaria, auditiva primaria, cinética premotora, opérculo frontal, ínsula izquierda, complejo temporoparietooccipital, y área prefrontal (Luria, 2005; Etchepareborda y López-Escribano, 2005) que permiten llevar a cabo diferentes funciones. En la escritura fonológico-grafema, implica la conversión de un sonido a un articulema y al grafema, el análisis visuoespacial de la grafía (parietal izquierdo), la recodificación del grafema en un esquema motor para que la mano lo ejecute, y el uso de reglas ortográficas cuando se escriben consonantes complejas, cuyo sonido cambia cuando le precede o antecede alguna vocal o acento

(que, gue, güe, ga). Mientras que en la escritura ideográfica, la conversión directa de la idea a un dibujo requiere un análisis visuoespacial más complejo (Luria, 2005).

La lectura lleva un proceso inverso, en el cual primero se reconoce la palabra (lectura fonológica) o el ideograma para acceder a la idea. En la lectura fonológica, la grafía es asociada al sonido y después a su respectivo articulema para enunciar el fono. Después se realiza la unión entre fonos para enunciar sílabas, lo que facilitará la enunciación de la palabra, que a su vez se asociará a una correspondiente idea. Esta lectura apoyada en la correspondencia grafema-fonema, opera mediante la ruta sublexical (Cuetos-Vega, 2012). En la lectura de ideogramas, el análisis visuoespacial es de gran relevancia para acceder a la idea correspondiente y poder enunciarla. Con la práctica, la lectura fonológica puede realizarse mediante un reconocimiento de la cara de las palabras sin necesidad de recodificar cada grafema en su correspondiente sonido (Luria, 2005). Este tipo de lectura se apoya en la vía lexical (Cuetos-Vega, 2012).

2.4.5. Lectura de cartografías

La lectura de mapas o cartografías permite tener como referencia relaciones aloécnicas que orienten la navegación en un espacio a gran escala. El hipocampo derecho ha mostrado ser fundamental para lograr esta lectura, activándose durante la lectura de mapas (Sukumar, Rengaswamy y Chakrava, 2012). Personas con lesiones en hipocampo derecho presentan dificultades para lograr tal lectura así como para planear rutas utilizando mapas, sin embargo logran navegar en espacios a gran escala apoyados en navegación mediante estrategia de respuesta. Este tipo de navegación es logrado gracias a la información de claves idiotéticas (Burgess, Maguire y O'Keefe, 2002). La integración de claves alotéticas dada por el funcionamiento del hipocampo derecho, es fundamental para la formación de mapas mentales que se integren a la información idiotética aprendida durante la navegación en espacios a gran

escala. Por ende es fundamental para lograr el proceso de integración de vías (Derdikman y Mosser, 2011).

2.4.6. Imágenes de perspectivas

Los signos, símbolos, gestos permiten representar objetos o acciones operar en el ambiente, también son considerados herramientas mentales (Bodrova y Leong, 2004). Las fotos de escenas desde ángulos específicos (proyectivas), facilitan el recuerdo de ubicaciones familiares. Los estudios de neuroimagen muestran mayor activación del complejo retrosplenial (corteza retrosplenial y algunas porciones de la corteza posterior del cíngulo) frente a la observación de estas imágenes, diferenciándose de la observación de fotos de objetos familiares. Aunado a ello, la activación de este complejo es mayor cuando se pide realizar juicios espaciales con respecto a dichas escenas que cuando se les pide realizar otros juicios de la escena, p.e. indicar el significado de dicha imagen (Kravitz et al., 2011).

Cuando los pacientes no recurren a estrategias de compensación, las claves de reconocimiento no son útiles para ayudarlos a evocar la relación aloécéntrica codificada (Burgess et al., 2002). Excepto en aquellos casos en que la lesión es en estructuras parahipocampales y extrahipocampales. Estos pacientes presentan fallas para reconocer un ambiente cuando se cambia el punto de vista desde el cual percibieron el mismo. La imagen debe ser percibida desde la perspectiva egocéntrica en que se percibió, para que identifiquen el lugar. Entendiendo por imagen la observación del ambiente, una maqueta o una foto. Ello se debe a que en la navegación, el hipocampo tiene una función más perceptual, permitiendo representar escenas de manera icónica (Burgess et al., 2002).

2.4.7. Dibujos.

La creación de dibujos puede asociarse a un significado que oriente la navegación. De este modo operaría de un modo semejante al de los ideogramas, analizados en párrafos anteriores. También debemos considerar también la participación parietofrontal que se requiere para la elaboración de estos dibujos, ampliamente abordada en el estudio de praxias de construcción, cuya función está distribuida tanto en corteza parietal como prefrontal (Camintli, Chafee, Battaglia, Averbek, Crowe, Georgopoulos, 2010).

2.5. Funciones y procesos durante la navegación.

En esta unidad de análisis incluimos procesos que para Vygotsky eran considerados herramientas de la mente, que ya han sido interiorizadas y son utilizadas para dirigir la conducta no solo en el momento presente, sino apoyadas en la memoria. Además, la adquisición de las funciones y procesos deriva de la interiorización de herramientas (Bodrova y Leong, 2004). Se consideran las funciones y procesos reportadas por los estudios en navegación espacial revisados.

En dicha literatura, es posible distinguir tareas diseñadas para favorecer el uso de funciones y/o procesos específicos, p.e. apoyo en memoria episódica o espacial. En la navegación en ambientes naturales, no siempre es posible tener certeza de las funciones o procesos utilizados debido a que solo observamos el resultado de las acciones realizadas mentalmente. En una tentativa de tener acceso a ellos, podemos analizar las funciones y procesos utilizados, mediante algunas estrategias como: analizar el contenido del discurso que acompaña la ejecución de la ruta; inferir funciones a partir de las acciones observables, o bien mediante el interrogatorio final respecto a las acciones que realizó mentalmente para efectuar un recorrido. Para ello, es

conveniente conocer las funciones y procesos que se han reportado asociados a la navegación, los cuales describimos a continuación:

2.5.1. Control motor

Las fallas en control motor impactan negativamente en el desempeño en tareas de navegación, principalmente afectando el tiempo de desplazamiento para llegar a la meta (Nishimura, Gu y Swann, 2011). Las estructuras que participan en este control comprenden estructuras extrapiramidales, corteza somatosensorial y el resto de la vía piramidal (Cullen et al., 2011).

2.5.2. Planeación, flexibilidad cognitiva y selección de ruta.

Una vez creado o identificado un mapa con relaciones alocótricas estables, la corteza prefrontal con la red hipocampal participa en la planeación, generación de rutas, y predicción la siguiente ubicación. La identificación del objetivo y planeación sería apoyada por la estimación del estado futuro de la dinámica motora de las extremidades. Dicha dinámica llega al cerebelo, para producir una retroalimentación sensorial afinada (Passot et al., 2002).

La planeación requiere la generación de objetivos, como es encontrar la ruta más adecuada. Para ello se elabora una secuencia de pasos apoyada en estrategias de memoria, planes de acción. Este funcionamiento se ha asociado al polo frontal, ganglios basales y cerebelo. Cuando la tarea a realizar requiere establecer mayor número de submetas, también participan subsistemas parietales derechos o bilaterales y nuevamente, regiones prefrontales (Tirapú y Luna, 2012).

La corteza prefrontal participa facilitando el cambio entre representaciones espaciales que favorecen el cambio de ruta ante la presencia de obstáculos no previstos en una ruta planeada (Burgess et al., 2002). Así también lo hacen las aferencias recibidas del estriado, que mantendrían o permitirían el cambio entre representaciones espaciales (Sukumar, Rengswamy y

Chakraverthy, 2012) y estructuras como la corteza prefrontal medial y el giro supramarginal (Tirapú y Luna, 2012).

Esta misma área prefrontal también facilita la selección de una ruta con base a la información de las recompensas asociadas a ubicaciones espaciales. Si bien las estructuras que participarían en estas proyecciones aferentes hacia la corteza prefrontal, involucran la información hipocampal de mapas, la función de selección de una entre diferentes rutas, se enfoca en las proyecciones de la vía estriado ventral-mesencéfalo-estriado dorsal, tanto hacia corteza prefrontal como al sistema motor. La corteza prefrontal también sostendría la representación del lugar seleccionada y las proyecciones al sistema motor en la ejecución del recorrido (Burgess, 2006; Khamessi y Humphries, 2012).

2.5.3. Memoria.

Además de la codificación y evocación de claves idiotéticas y alotéticas, existen otras estrategias mnésicas que las personas utilizan para realizar tareas de navegación. A continuación indicamos las mismas:

2.5.3.1. Asociación de palabras.

La asociación de pares de palabras que denominan objetos percibidos cercanos en el ambiente, es una estrategia se ha observado especialmente en personas con epilepsia del lóbulo temporal o amigdalopocampotomía derecha (Burgess et al., 2002).

2.5.3.2.. Asociación semántica de un objeto y un evento.

Para orientarse, personas con lesión temporal derecha, hiperfocalizan su atención en las características visuales del objeto y eventos asociados al mismo. Así, se apoyan en esta asociación de objetos para orientarse espacial y temporalmente. P.e. recordando qué objeto pertenecía a un lugar visitado, o un evento presenciado. Se plantea que tal estrategia de

compensación es sustentada por estructuras extrahipocampales (Burgess et al., 2002) y conexiones del fascículo longitudinal inferior hacia regiones frontales para asociar objetos percibidos a eventos, emociones y actos motores (Mishkin, Ungerleider y Macko, 1983).

La razón de esta compensación, puede deberse a que la evocación de un evento incluye acciones, conocimiento del evento y el espacio. Aunque no es necesario imaginar toda la escena para recordar el evento. Con lo cual la evocación puede incluir aspectos no espaciales, como objetos u olores (puntos de referencia) en la escena, y el paso del tiempo (Derdikman y Mosser, 2011; Bird y Burgess, 2008).

2.5.3.3. Memoria episódica.

Evocar rutas recorridas, reconocer lugares y eventos ocurridos durante la navegación, personas con las que se interactuó en contextos específicos, el sentido lineal del tiempo así como información verbal lingüística, es otra manera de evocar relaciones espaciales aloécnicas (Burgess et al., 2002). De este modo se implica al hipocampo izquierdo (Wilbert et al., 2014), áreas prefrontales (Baumann y Mattingley, 2010) y áreas modales e intermodales corticales para visualizar objetos o eventos vividos (Hassabis y Maguire, 2007).

2.5.3.4. Memoria procedimental.

El apoyo en respuestas motoras asociadas, se ha abordado en estudios en los que predomina la navegación mediante estrategia de respuesta. Evidentemente las estructuras estudiadas son los ganglios basales y cerebelo. Los primeros han sido estudiados desde el aprendizaje procedimental, analizando el papel de la recompensa en la navegación, cuando se realizan lesiones a la sustancia negra pars reticulada (SNr), Núcleo subtalámico (STN), Globo Pálido (GP) (Fox et al., 2009), estriado dorsomedial, dorsolateral (Sukumar, Rengaswamy y Chakravarthy, 2012) y ventral (Khamessi y Humphries, 2012).

El papel del cerebelo se ha analizado a partir de predicciones en la retroalimentación sensorial asociada a las claves idiotéticas. Este modelo permitiría refinar el propio movimiento y la estimación de desplazamientos lineales y angulares. Se plantea que las alteraciones en circuitos de núcleos cerebelosos profundos, células de Purkinje, fibras trepadoras y fibras trepadoras, afectarían la integración de vías realizada en hipocampo (Passot et al., 2012).

2.5.4. Imaginación

El papel de la imaginación en la construcción de escenas mentalmente, puede apoyar la navegación. Los subsistemas son muy semejantes a los que se utilizan para recordar lugares recorridos, sin embargo se puede utilizar la imaginería para visualizar claves que les son referidas, construir mentalmente imágenes de lugares de los cuales se brindan puntos de referencia para orientar la navegación.

El conjunto de áreas modales e intermodales corticales, participan e integran información espacial coherente, que es necesaria para imaginar, visualizar o referir eventos y lugares contruidos mentalmente, sean reales o ficticios. Estos espacios son lugares en los cuales navegar o actuar mentalmente (Hassabis y Maguire, 2007). Los subsistemas temporales mediales y parietales, participarían en la construcción de escenas y el sostenimiento de las mismas (Irish, Halena, Kamminga, Tu, Hornberger y Hodges, 2015). Las células de lugar activan la representación cortical que permita imaginar una escena espacialmente coherente, desde una ubicación del observador en esta escena y observando los puntos de referencia imaginados. Las células de cabeza restringirían la activación cortical de representaciones de ambientes particulares que permitan reconstruir la escena espacialmente coherente (Bird y Burgess, 2008).

Con base en las 5 unidades de análisis para el estudio de la navegación, puede observarse que la navegación recluta diversos subsistemas corticales y subcorticales. Se ha observado que los

subsistemas que sustentan la navegación, son los mismos que participan en otras funciones y procesos como: la construcción de escenas y espacios novedosos espacialmente coherentes, la recolección de escenas imaginadas, memoria episódica, pensamiento respecto al futuro, soñar despierto, pensamiento divergente y sueños (Irish, Halena, Kamminga, Tu, Hornberger y Hodges, 2015), imaginación de experiencias ficticias y la representación de estados mentales del otro (Hassabis y Maguire, 2007).

Se propone que estos procesos tan distintos entre sí, comparten entre sí, la construcción de escenas, reales o imaginadas, así como la proyección de sí mismo, proponiéndose que este es el elemento que las une. La habilidad para proyectar al sí mismo, es entendida como la habilidad para cambiar de perspectiva, considerando un cambio en la perspectiva espacial, hasta cambios temporales del presente inmediato. Lo que demanda la percepción de un ambiente inmediato a uno alternativo, sea real o imaginado (Hassabis y Maguire, 2007).

2.6. Navegación en el desarrollo.

En espacios a pequeña escala, los niños y niñas de 3 años, tienen desempeños semejantes ante el establecimiento de relaciones espaciales entre elementos en espacios pequeños, posterior a rotaciones. Si además de la rotación se realiza un desplazamiento concordante con la rotación de la maqueta, logran establecer con mayor precisión en ubicaciones espaciales apoyándose en una relación egocéntrica. Estas mismas relaciones son establecidas con mayor precisión por niñas de 6 años cuando ellas se desplazan mientras el espacio en pequeña escala permanece fijo, lo que muestra que a esta edad, son capaces de actualizar la información propioceptiva (Nardini, Burgess, Breckenridge, Atkinson, 2005).

En niños, se ha estudiado la relevancia tanto de las claves idiotéticas como alotéticas, en la navegación espacial en espacios a pequeña escala. Esto se ha realizado en laberintos a gran como

a pequeña escala, en los cuales se les solicita identificar la ubicación del juguetes escondidos. Nardini et al (2005) observaron que ambas claves idiotéticas están presentes desde los 3 años de edad. La clave alotética más utilizada, es la forma geométrica de una habitación, influyendo como puntos de referencia para establecer relaciones alocéntricas entre objetos. El apoyo en claves taxonómicas se mantiene conforme los niños crecen, aunque disminuye su uso a medida que avanza la edad, pero se sigue observando a los 6 años. A los 5 años, ya pueden apoyarse en claves alotéticas para establecer relaciones alocéntricas que les permitan ubicar un juguete en la maqueta, pero solo logran orientarse sin depender de las relaciones egocéntricas (taxonómica), confiando únicamente en las relaciones alocéntricas, hasta que tienen 6 años. A esta edad, los niños logran inhibir respuestas apoyadas en relaciones egocéntricas taxonómica, ponderando en mayor medida, las relaciones alocéntricas.

A los 6 años, las niñas presentan mejor desempeño en la tarea de orientación taxonómica en espacios a pequeña escala estáticos y en aquellos en los cuales las relaciones espaciales se mantienen pero la respuesta debe darse tras desorientación práxica como del la maqueta de 360°. Señalan que ello indica adecuada actualización de información en parietal posterior probablemente debido a un timing diferencial en las dos vías, más que diferencias en la capacidad de procesamiento de la corriente dorsal y ventral (Nardini et al., 2005).

Los resultados respecto a la relación del habla o uso de gestos y facilitación para establecer relaciones alocéntricas observados por Haye, Winkler, Lee, Izard, Shapiro y Spelke (2011), son opuestos a lo observado por Nardini et al. (2005), quienes indican que la ubicación en ambientes a pequeña escala no requiere el apoyo de descripciones verbales ni de una estrategia verbal.

También se ha reportado que la privación visual temprana afecta el desarrollo de estructuras cerebrales implicadas en la representación espacial de puntos de referencia, como lo es el

hipocampo. Pero el sistema sensorial restante intacto (auditivo, táctil, propioceptivo, etc) mejora su carga y descarga, dando lugar a una reorganización cortical que deriva en mecanismos compensatorios (Iachini, Guggiero y Ruotolo, 2014). En el caso de la audición se ha sugerido que las primeras 8 semanas de vida, son un periodo importante para el desarrollo de las estructuras subcorticales que permiten la ubicación del sonido (King, Dahmen, Keating, Leach, Nodal y Bajo, 2011).

En adultos con ceguera, las diferencias de sexo en el procesamiento de relaciones espaciales aloécnicas, muestra que las mujeres tienen un desempeño menos eficiente. Sin embargo, ello no es generalizable a todas las mujeres, pues quienes no han sido privadas de la visión, tienen un desempeño semejante al de los hombres en tareas de identificación en la ubicación de objetos a partir de relaciones espaciales aloécnicas (Iachini et al., 2014).

Al realizar estudios de resonancia magnética cerebral en adultos, se han observado diferencias en el volumen hipocampal bilateral entre hombres y mujeres, siendo los primeros quienes presentan mayor volumen de materia gris. Ello se asocia a mejor desempeño en tareas de navegación e identificación de objetos como puntos de referencia o bien de la geometría ambiental, para orientar la navegación. En el caso de las mujeres, se observa uso exclusivo de puntos de referencia. Estas diferencias pueden deberse tanto a características neuroanatómicas propias de cada sexo o bien a mayor experiencia en tareas de navegación de los hombres (Burguess et al., 2002). Aunado a ello, se ha propuesto que las estrategias de navegación son distintas en cada sexo, lo cual se refleja en activación de subsistemas distintos en tareas de navegación en laberintos de realidad virtual. En ambos se activan células de la corteza parietal, parahipocampal e hipocampal derechos. Sin embargo en el caso de hombres también se activa

hipocampo izquierdo, mientras que en las mujeres se activan otras regiones parietales derechas y áreas prefrontales, lo cual indica el uso de estrategias distintas durante la navegación (Burguess et al., 2012).

3. Cognición Espacial durante la Navegación en los TEA

El desempeño en tareas de navegación ha sido estudiado en los TEA encontrándose hallazgos contradictorios que van desde un desempeño igualmente eficiente al que presentan las personas con desarrollo típico, hasta hallazgos de deficiencia asociados en cada estudio a diferentes causas. Como ejemplo de falla Fornasari, Chittaro, Leronutti, Cottini, Dassi, Cremaschi, et al. (2013) reportan que los niños con TEA presentaban menores conductas de exploración que los controles en una tarea de búsqueda de objetos en una villa virtual. Lind, William, Raber, Peel y Bowler (2013) también reportan mal desempeño en tareas de navegación virtual, el cual atribuyen a la dificultades en esta población, para construir escenas y realizar una proyección del self de las personas.

Resultados opuestos fueron observados por Caron, Mottron, Rainville y Chouinard (2004), quienes encontraron que en tareas de aprendizaje de rutas de navegación, no se observaron diferencias en el desempeño de las personas con diagnóstico de autismo y controles. Sin embargo, las personas con TEA lograban trasladar el aprendizaje de rutas en un ambiente de pequeña escala, a su representación en gran escala de manera más eficiente. Lograban mayor exactitud para recordar la ruta y menor tiempo para memorizarla. Estos investigadores proponen como hipótesis que tales resultados se deben a mejor memoria espacial y reconocimiento visual ante material topográfico de las personas con TEA.

Otro hallazgo asociado con la navegación son los problemas de sueño reportados en TEA (Woodbury-Smith y Volkmar, 2009). Durante el sueño y en periodos de descanso en vigilia, células hipocampales se activan. En estos periodos, la información codificada se repite mentalmente, contribuyendo a la consolidación de información. En la navegación, estos periodos favorecen la consolidación de información práxica, secuencias conductuales y claves alotéticas

que conducen a una recompensa (Khamessi y Humphries, 2012). Adolescentes con Asperger tienen menor eficiencia del sueño y un despertar más largo una vez que han iniciado este sueño (Lázár, Lázár, Biro, Byöri, Tárnok, Prekop, et al., 2010), lo que podría impactar en la habilidad de navegar.

Como se observa, los hallazgos respecto al desempeño de las personas con TEA en lo referente a su desempeño en tareas de navegación, muestra resultados contradictorios, así como las causas que se asocian a un desempeño eficiente o deficiente. Basados en la propuesta de formación de representaciones espaciales y en los hallazgos en estudios de navegación, hemos retomado las cinco unidades (Finalidad, Percepción, Orientadores, Medios-Herramientas, Funciones-Procesos), para agrupar las variables que permiten la formación de representaciones espaciales de mapas cognitivos útiles para la navegación. A continuación se presentan hallazgos obtenidos en investigaciones con personas con TEA en dichas unidades de análisis. Los datos que a continuación se presentan son realizados en investigaciones enfocadas de manera aislada en aspectos perceptuales, funcionales y procesuales que conforman cada unidad de análisis que comprende la formación de representaciones. Lo cual permite orientar las adecuaciones a realizar durante una tarea de navegación en la cual se busca caracterizar tales unidades de análisis, desplegadas durante una tarea de navegación.

3.1. Finalidad.

La navegación basada en el modelo de recompensa propuesto por Khamessi y Humphries (2012), podría tener una funcionalidad distinta en las personas con TEA. Se han reportado alteraciones el gen DRD4 loci 11p15, que afecta el funcionamiento de los receptores dopaminérgicos (Calahorro, Alejandre, Anaya, Guijarro, Sanz, Romero et al., 2012). Tal hallazgos conllevan a plantear la funcionalidad de las vías de proyección dopaminérgica, en las

diferentes proyecciones del estriado hacia el hipocampo, que participan en la navegación dependiente de reforzamiento, navegación de habituación y en las interacciones de la corteza orbitofrontal hacia el estriado ventral en la navegación bajo el modelo constructor de estados.

En personas con TEA el reforzamiento es poco eficiente. Ello se ha asociado a la inactivación temporal en caudado bilateral con picos de activación en el giro frontal medio derecho, giro bilateral y cuña izquierda (Rogers, McKimm, Dickson, Goldwitz, Blaha, Mittleman, 2013). También se ha adjudicado a mayor profundidad de los surcos ubicados en la región anterior de la ínsula. Tal subsistema ha mostrado menor activación de ante estímulos displacenteros, y su inactivación se ha asociado a fallas en tareas de sensibilidad táctil. Con lo cual se ha vinculado dicha alteración sensorial con las fallas en la asignación de valencia negativa a los estímulos (Lenroot y Yeung, 2013). Un menor volumen de materia gris en el estriado ventral, y afectación de circuitos límbico-estriado con el giro fusiforme y amígdala, también ha sido asociada a la baja respuesta ante el reforzamiento (Yu, Cheung y McAlonan, 2011).

En población típica se ha planteado que la hipoactivación amigdalina indicaría sentimiento de apatía o tristeza, mientras que la hiperactivación causaría una sobreexcitación e incluso aversión al estímulo (Kleinhans et al., 2010). En comparación, se ha observado que la población con asperger presenta respuesta galvánica atenuada ante estimulación aversiva incondicionada, lo cual dificulta el condicionamiento clásico al miedo. Esta respuesta es dependiente de la activación de la amígdala e hipocampo. A partir de ello se ha propuesto que esta población presenta dificultades para aprender bajo reforzamiento negativo, y para comprender el valor hedónico social (Gaigg y Bowler, 2007). Otros hallazgos que sustentan esta falla pueden encontrarse en las fallas en los genes PRL loci 6p22 y PRLR loci 15p13, que conllevan a fallas en lograr una conducta afiliativa (Yrigollen et al., 2008).

Por lo anterior, al trabajar con niños con TEA, conviene identificar el objeto meta al cual llegar en una tarea de navegación. A diferencia de los niños con desarrollo típico, es posible que los niños con TEA no respondan ante el reforzamiento social o bien requieran un reforzador significativo, el cual previamente haya sido placentero, y pueda ubicarse como objeto meta al cual llegar mediante la conducta de navegación.

3.2. Percepción: claves alotéticas e idiotéticas.

3.2.1. Procesamiento de claves Alotéticas

El procesamiento perceptual exteroceptivo es fundamental para el uso de las claves alotéticas durante la navegación. En el caso de la información visual, las personas con TEA muestran mayor eficiencia en el procesamiento local de la información visual, caracterizado por mayor por mayor actividad de regiones occipitales derechas. Dicha información siempre es procesada de manera más rápida (100 ms) en comparación con lo esperado en población típica, independientemente de la característica del estímulo: sea información visual o global. Proponiéndose que este tipo de procesamiento es consecuencia de una disfunción en conexiones intracorticales entre regiones visuales primarias con regiones frontales (Newmann et al., 2011).

En autistas savant se ha observado mayor conectividad parietooccipital derecha a nivel del giro lingual, aunado a la ausencia de conectividad de este subsistema hacia frontal en tareas de exposición a estímulos globales y superpuestos. Se plantea así que esta población procesa por igual cualquier tipo de información visual, es decir, siempre la procesan como local aún cuando se les brinde información global (Newmann et al., 2011). Ello dificultaría la integración de claves alotéticas visuales en la formación de configuraciones, lo cual es un paso para establecer relaciones alocéntricas en la navegación.

Otras dificultades en el procesamiento visual que podrían afectar este tipo de claves, son las fallas en el funcionamiento magnocelular selectivo. Las fallas en el procesamiento magnocelular afectaría el funcionamiento del núcleo pulvinar, colículos superiores y proyecciones hacia la amígdala, e impacta en el desarrollo de regiones corticales como: las proyecciones amigdalino-corticales, la corteza visual primaria y sus proyecciones hacia giro fusiforme izquierdo. A partir de esta afectación de subsistemas, se explican las fallas en el procesamiento de estímulos visuales complejos, alteración en la sensibilidad al brillo, que afecta el procesamiento de estímulos visuales con contraste definido (Greenaway y Plaisted-Grant, 2013). Las fallas en el procesamiento visual también se han atribuido a menor activación del giro fusiforme medio derecho en la región conocida como fusiforme facial (Schultz, Gauthier, Klin, Fulbright, Anderson, Volkmar, et al., 2000), menor actividad del surco temporal superior (Schroeder, Desrocher, Bebko y Cappadocia, 2010) y a una activación anormal del surco temporal superior bilateral (Zilbovicius et al., 2006). A partir de tales fallas se ha explicado otras dificultades como el procesamiento perceptual anormal de gestos faciales, expresiones faciales emocionales, orientación de la mirada y el movimiento. Esta última falla es asociable la codificación de desplazamientos durante la navegación. En una investigación previa hemos encontrado que personas con síndrome de asperger presentaban mayores dificultades en tareas de navegación cuando uno de los elementos brindados era dinámico que cuando era estático (Zurita, Cruz, Cárdenas, Orozco, Vélez 2013).

También se ha reportado alteraciones en la transmisión de información visual asociada al incremento de actividad cerebral occipital (Anagnostou y Taylor, 2011). En el caso de regiones occipitales que participan en la visión y en la red atencional, se ha observado que personas con TEA presenta mayor sincronización en ritmos delta y theta (Visser, Cohen y Geurts, 2012).

Niños de 2 a 5.9 años con autismo, muestran una actividad alfa dominante más rápida que (8 ± 0.98 Hz) que sus pares controles (7.5 ± 1 Hz) (Gregory y Mandelbaum, 2012). Se ha planteado que esta población presenta alteraciones en la regulación inhibitoria lateral gabaérgica, que provocan aceleración en la plasticidad visual ya sea retardando o acelerando su función (Pizzarelli y Cherubini, 2011).

Personas con TEA presentan también una actividad menos acusada que controles en derivaciones Oz, O1 y O2 ante tareas de percepción de borde de figuras y diferencia en la orientación de ángulos entre líneas. Planteándose que ello podría deberse a la alteración de la inhibición lateral entre las conexiones entre las minicolumnas horizontales de dichas áreas asociables a un desequilibrio gaba-glutamatérgico (Vanderbroucke, Steven, Van England, Lamme y Kemner, 2008).

Por otra parte, se ha documentado que presentan una respuesta compensatoria mediante una deflexión positiva (mayor respuesta) a la presentación de estímulos visuales que conlleva a un procesamiento veloz atípico (121 ms), el cual retroalimenta regiones occipitales bajas (Oz) no observable en población típica (Vanderbroucke et al., 2008).

En lo referente al papel que la información auditiva podría tener como clave alotética, se ha observado se ha reportado que niños con TEA, presentan hipersensibilidad auditiva ante sonidos ambientales, la cual se asocia a menor actividad en la corteza auditiva posterior (Zilbovicius et al., 2006). Y en el caso la integración de información visual y auditiva, se han reportado fallas en asociables tanto a un menor número de células de Purkinje (Schroeder et al., 2010) como a alteraciones en la conectividad cerebelo-tálamo-corteza prefrontal medial, dada por alteración en neuronas dopaminérgicas (Rogers, McKimm, Dickson, Goldwitz, Blaha, Mittleman, 2013). El

papel que la hipersensibilidad auditiva, o bien de las fallas de integración audiovisual tienen en la codificación de claves alotéticas durante la navegación aún no ha sido explorado.

En el caso de la sensibilidad táctil, se ha reportado alteraciones asociables a menor activación de la corteza somatosensorial primaria (Lenroot y Yeung, 2013). En personas con TEA también se ha identificado una alteración temporal en la percepción táctil, la cual facilita una discriminación temporal más fina que en controles. Ello permite a la población con TEA discriminar secuencias temporales de estimulación táctil ante las cuales, los controles reportan haber percibido estímulos de manera simultánea. Dicha afectación implica la participación del área motora suplementaria, parietal posterior y estriado, considerándose asociada a un defecto en conectividad local que a su vez, conlleva a afectación en conectividad larga (Tommerdahl, Tannan, Holden, Baranek, 2008). Mientras que cuando se abordan alteraciones en sensibilidad oral, adultos con TEA muestran menor volumen total de mesencéfalo y materia gris en tronco cerebral, siendo el tallo la estructura considerada con mayor relevancia para la presencia de fallas en la sensibilidad oral (Lenroot y Yeung, 2013). Se ha observado que las puntuaciones en reactividad sensorial obtenidas por niños con TEA de 2 a 14 años, en la escala CARS, tienen una correlación positiva con la actividad neuromagnética de las regiones inferiores de las circunvoluciones precentrales bilaterales (Palau, Salvadó, Vals, Ortiz, Muñoz, 2005). Es posible que esta diferencia en el procesamiento de información táctil tenga un papel favorable en el uso de esta información como claves alotéticas, beneficiándose de las mismas del modo en que lo hacen las personas invidentes durante la navegación.

En modelos animales con hiperserotoninemia inducida, se ha observado poca habituación a objetos inicialmente novedosos, menor presencia de conductas sociales y menor búsqueda de contacto con la madre, síntomas observados en los TEA. La habituación a objetos novedosos

podría generalizarse a claves alotéticas, conllevando a un mayor tiempo para la formación de mapas mentales para la navegación.

3.2.2. Idiotéticas

En personas con TEA se han reportado alteraciones motoras que podrían impactar en la habilidad para ejecutar giros y dirección de la mirada que constituyen las claves páticas como taxonómicas que conforman la navegación idiotética. Conductas repetitivas y estereotipadas, lentitud en movimientos, asociados a fallas en la conectividad cerebelo parietal y estructuras basales (Rogers, McKimm, Dickson, Goldwitz, Blaha, Mittleman, 2013) y a desregulación glutamatérgica en cerebelo (Rogers, McKimm, Dickson, Goldwitz, Blaha, Mittleman, 2013, Blaylock y Strunecka, 2009). Una parte importante de la navegación basada en estrategia de respuesta, requiere la secuenciación de giros corporales (claves prácticas) para llegar a la ubicación meta. En personas con TEA se ha reportado peor desempeño en tareas motoras secuenciales, debido a hiperactivación en cerebelo (Gilbert, Bird, Brindley, Frith y Burgess, 2008). Lo cual podría afectar su desempeño mediante éste tipo de estrategia.

Y en lo referente a las claves taxonómicas, se ha documentado menor activación en cerebelo en esta población, durante el condicionamiento clásico del parpadeo (Rogers, McKimm, Dickson, Goldwitz, Blaha, Mittleman, 2013). Si bien esta respuesta es atípica, no se ha analizado si existe alguna relación entre este procesamiento y el uso de claves taxonómicas durante la navegación.

3.3. Orientadores: relaciones espaciales.

Se ha propuesto que la habilidad para transitar de una relación espacial egocéntrica a una allocéntrica, se encuentra afectada en las personas con TEA. Tal propuesta se basa en el modelo de cognición espacial para la navegación, indicándose que la conectividad entre la vía dorsal y

ventral estaría implicada (Frith y Vignemont, 2005). En esta misma línea se han propuesto el defecto de otros subsistemas implicados. Abu-Akel y Shamay-Tsoory (2011) proponen que los subsistemas dopaminérgico-serotoninérgico de la vía nigroestriatal, afectan el funcionamiento de los subsistemas frontoparietales derechos, implicados en la distinción entre la perspectiva del self y la perspectiva del otro. Una hipofunción dopaminérgica afectaría la distinción entre perspectivas mientras que alteraciones en el sistema dopaminérgico-serotoninérgico, se reflejarían con un déficit en atribución de estados mentales desde la perspectiva del otro (Abu-Akel y Shamay-Tsoori, 2011).

En los TEA se ha reportado alteración en el gen DRD4 que codifica para receptores de dopamina (Calahorro et al., 2009 y Genis et al., 2012) y genes SLC25A12 y SLC6A4 que codifican para la formación de transportadores de serotonina (Milles, 2011; Calahorro et al., 2009, Johnson et al., 2013), lo cual podría estar asociada con fallas en la distinción y cambio de perspectivas.

3.3.1. Relaciones egocéntricas y allocéntricas.

Frith y Vignemont (2005) indican que las personas con TEA, presentan dificultades en el tránsito entre la posición egocéntrica y allocéntrica, señalando que esto puede explicarse desde el procesamiento de las corrientes dorsal y ventral de representaciones espaciales egocéntricas y allocéntricas. Proponen que esta dificultad en el tránsito entre representaciones de relaciones egocéntricas y allocéntricas, puede ser causado por tres posibles factores:

- Débil coherencia central, lo que conlleva a fallas para integrar diferentes perspectivas;
- Fallas en el funcionamiento ejecutivo, que conllevan a dificultades en la alternancia entre representaciones egocéntricas y allocéntricas.
- Fallas metarepresentacional, que conllevan a la confusión de perspectivas egocéntricas

(subjetiva) vs allocéntrica (objetiva).

Las hipótesis de débil coherencia central es abordada en tanto en la unidad de Percepción en los TEA como en este mismo apartado en unos párrafos adelante. Mientras que las fallas en el cambio entre representaciones, se aborda en la unidad de análisis Funciones y Procesos. Ahora analizaremos la propuesta de falla metarepresentacional. Diversos estudios apoyan esta hipótesis, y las fallas en atribución han asociado a diferentes subsistemas, por ejemplo a la corteza orbitofrontal izquierda (Ashwind, Baron-Cohen, Wheelwright, Riordan, Bullmor, 2007). Estas fallas metarepresentacionales también se han asociado a fallas en imitación debidas a menor activación de la unión temporoparietal derecha y a la de supresión de la onda mu en la frecuencia alfa (8-13 Hz) en la corteza sensoriomotora (Schroeder et al., 2010). Ausencia que en población con desarrollo típico, se espera esté presente en corteza premotora ventral y corteza sensoriomotora primaria desde los 36 meses de edad (Oberman, Ramachandran y Pineda., 2008).

Las neuronas espejo participan en la representación y comprensión de emociones propias y de los otros, para lograr un equilibrio entre el “yo mismo” y el “otro”. Para Oberman, Ramachandran y Pineda (2008) el estudio de la comprensión de intenciones y emociones de otros en TEA, debe considerar la relevancia de las personas a las que se observa. Dicha alteración, se asocia a una conectividad frontal atípica y subconectividad izquierda entre parietal inferior y giro frontal inferior (Shih et al., 2010). Otra arista en el estudio de habilidades de mentalización propone que en TEA, las fallas en asignación de agencia a los estados mentales son asociables a una desregulación dopaminérgico-serotoninérgica en el surco temporal superior izquierdo, amígdala y precúneo (Abu-Akel y Shamay-Tsoory, 2011). También se ha reportado menor activación del giro parahipocámpal derecho y específicamente en personas con SA, se ha

observado menor número de bandas transportadoras de serotonina y menor cantidad de receptores 5HT2A en cíngulo, temporal superior y frontal derecho. Esta reducción correlaciona con interacciones sociales anormales, y fallas en tareas de falsa creencia, así como fallas en la integración de habilidades cognitivas y afectivas (Lenroot y Yeung, 2013). Se ha propuesto que en esta población, también se muestra una activación compensatoria atípica en tareas de mentalización. En lugar de activarse el área 8 de Brodman, la activación ocurre en áreas adyacentes: 9 y 10 BA (Zilbovicius et al., 2006). Lo que ha llevado a suponer que ante situaciones de comunicación social, las personas con TEA se apoyan más de la selección cognitiva y manipulación mnésica debido a dificultades para comprender acciones cuyo sentido demanda el relacionamiento de la acción con la experiencia pasada (Shih et al., 2010).

Otra línea de análisis respecto a las relaciones egocéntricas y allocéntricas, es propuesta por Lind et al. (2013), quienes señalan que un desempeño deficiente en personas con autismo, es atribuible a dificultades tanto para construir escenas mentalmente como para realizar una proyección del self en dichos espacios. Las fallas en integración de claves alotéticas para formar un mapa mental podría sustentarse también en las alteraciones genéticas observadas en esta población, que afectan intercambios de Calcio y GABA. Tales intercambios son especialmente importantes durante el proceso de integración de vías, mediante el cual se integran relaciones espaciales egocéntricas y allocéntricas. Hallazgos en alteraciones en los genes CACNA1F, CDH9, CDH10 y SCN7a en personas con TEA apoyan la hipótesis de falla en la integración de perspectivas debido a una débil Coherencia Central. Dichos genes participan en la codificación de canales dependientes de calcio (Milles, 2011 y Wang, Zhang, Ma, Bucan, Glessner, Abrahams, et al., 2009). Aunado a ello, también se ha reportado alteración en los genes OXTR, GABR3, NACC1 implicados en la expresión temprana o retardada de GABA como inhibidor

(Yrigollen et al., 2008; Johnson et al., 2013, Mbadiwe y Millis, 2013; Milles, 2011; Johnson et al., 2013 y Pizzarelli y Cherubini, 2011).

Las relaciones aloécnicas requieren la integración de varias claves alotéticas, lo cual es poco observado en una investigación que realizamos. Utilizando un espacio real de navegación a pequeña escala, niños con Síndrome de Asperger mostraron dificultades en el procesamiento de relaciones aloécnicas es más eficiente entre objetos cuyas relaciones espaciales derecha-izquierda, concuerdan con las del examinador. También observamos predominio en el uso de relaciones egocéntricas sobre aloécnicas (Zurita et al., 2013).

3.4. Medios-herramientas.

3.4.1. Agarre manual

Los datos respecto a desfase motor han sido documentados en esta población. En un estudio conformado por dos grupos de bebés, uno con alto riesgo de diagnóstico de autismo y otro con probable desarrollo típico, se observó que el grupo de bebés con alto riesgo de diagnóstico, presentaban menor exploración de objetos mediante el agarre manual, llevar objetos a la boca y exploración visual. Ello fue encontrado cuando estos bebés tenían 6 meses de edad, A las edades de 9 a 12 meses, estos bebés lanzaban con menor frecuencia los objetos, y tendían a observarlos por más tiempo que los bebés con desarrollo típico. Mientras que a los 15 meses, los bebés de alto riesgo persistían en la exploración de objetos utilizando la boca. La mayor latencia durante la exploración de objetos en modelos de investigación básica, se ha observado en ratones con lesión de las proyecciones de las células nucleares (estriado ventral) hacia el hipocampo. Planteándose que ello se debe a que requieren más tiempo de exploración para formar recuerdos espaciales (Khamessi y Humphries, 2012).

Esta persistencia en estrategias de exploración en los TEA, también es observado por Libertus, Sheperd, Ross y Landa (2014), quienes encontraron que bebés de 6 meses con alto riesgo de autismo, presentaron menor actividad de agarre manual en una actividad de juego libre. Observándose que esta conducta incrementa entre los 6 a 10 meses en esta población. En edades mayores, niños y adolescentes con TEA muestran un desempeño semejante a los controles en paradigmas de agarre de objetos, distinguiendo eficientemente el objeto que deben tomar (marcado con una clave) y evitando el que no deben tomar. Tanto el grupo con TEA como el grupo con desarrollo típico, muestran igual eficiencia para identificar y tomar el objeto solicitado. Sin embargo en el grupo con TEA se observa un retraso significativo en el tiempo reacción que conlleva a la ejecución del agarre.

3.4.2. Gestos

Considerar el papel del gesto obedece también a que al tratarse de niños con SA, se ha documentado fallas en pragmática, especialmente en la comprensión de ironías y en la atribución de estados mentales medidos utilizando tareas con respuestas verbales (Igoa, Belinchón y Marulanda, 2012). Dehaene (2011) plantea, las evaluaciones pensadas para niños basadas en el lenguaje hablado, plantean el riesgo de que los niños más pequeños no comprendan realmente lo que se les pregunta durante la ejecución de la tarea o lo que se les pide realicen al indicarles las instrucciones. Consideramos que esta misma precaución es aplicable con respecto a la expresión de ideas y pensamientos, que podrían llevar a calificar desde el sesgo del habla, un problema del lenguaje como la carencia de una habilidad, al no expresarse respuesta mediante el lenguaje hablado. Ello es de especial importancia cuando se trabaja con niños con un trastorno del neurodesarrollo, en quienes el lenguaje es uno de los procesos en los que se ha reportado alteración a diversos niveles, como se observará en los siguientes párrafos.

3.4.3. Habla: regulación verbal.

El uso del habla como herramienta para la navegación, podría ser poco útil en población con TEA de acuerdo a lo observado por diferentes investigadores en relación al lenguaje. Se ha reportado alteraciones en los genes GABRA5 (locis 15q11-13, 15q11.22-12), GABRG3 (locis 15q11-13, 15q11.22-12) y GABRB3 (locis 15q11-13), los cuales conllevan a alteraciones en la migración celular y sinaptogénesis que conllevan a un trastorno del lenguaje expresivo con grave ecolalia (Ruggieri y Arberas, 2007; Muñoz, Palau y Salvadó, 2008; Lo castro et al., 2010, Geschwind 2008; Johnson et al., 2013, Milles, 2011), así como en el gen MECP2 loci 1q21.1 asociado a macrocefalia frontal y retardo del lenguaje (Lo Castro et al., 2010) y en el gen SANK3 locis 22q11.2 y 22q.13 asociado a alteración en el funcionamiento de espinas dendríticas participantes en el lenguaje y comunicación social (Geschwind, 2008; Milles, 2011). También se ha reportado alteración del loci 17p11.2, que explica la disfasia orofaríngea observada en algunas personas dentro del espectro autista. Las alteraciones del último loci también impactan en la eficiencia del sueño, el cual también ha sido documentado en población con TEA, encontrándose menor eficiencia del mismo en fase MOR y mayor latencia para iniciar el sueño y menor eficiencia en los estadios II, III, IV, asociado a una subconectividad larga lateralizada en hemisferio derecho, con patrones difusos de conectividad (Visser, Cohen y Geurts, 2012) y menor coherencia interhemisférica derecha en las frecuencias de 0.5 a 4 Hz (delta) y 11 a 15 Hz (sigma) (Lázár et al., 2010). El sueño y periodos de descanso son periodos de activación de células hipocampales, fundamentales para la consolidación de claves alotéticas e idiotéticas utilizados durante la navegación (Khamessi y Humphries, 2012).

Se ha documentado ausencia de correlación entre habilidades de lenguaje y el volumen de materia gris en la circunvolución temporal superior (Lenroot y Yeung, 2013). Y en niños de 2 a

12 años, se ha planteado que las dificultades de lenguaje son asociables a alteraciones en conectividad izquierda frontotemporal (F3, F7), temporoparietales (TP9) y parietales (P7). Alteraciones que afectarían la conectividad del fascículo arcuato. Las personas con TEA muestran menor coherencia espectral en regiones anteriores con respecto a regiones posteriores (Duffy, Shankardass, Manulty y Als, 2013).

En otros subsistemas implicados en lenguaje como el giro frontal medio, posterior inferior y frontal (Fp1, F3 y F7), y regiones posteriores izquierdas (T3 y C3) se ha observado menor PA en la banda de frecuencia delta en condiciones de reposo en niños con TEA (Coben, Clarke, Hudspeth y Barry, 2008). También se ha reportado menor activación de temporal izquierdo, asociada a fallas en la comprensión durante la escucha pasiva (Zilbovicius et al., 2006). Esto último implicaría que las personas con TEA requieren apoyos adicionales como el modelamiento o moldeamiento durante la comprensión de consignas en tareas, incluyendo la navegación.

También se han reportado fallas en el procesamiento sintáctico asociadas a sobreconectividad en la banda de frecuencia gama, en temporal izquierdo. Ello ha sido observado tanto en condición de reposo como bajo el paradigma de procesamiento de oraciones (Visser, Cohen y Geurts, 2012). En personas con SA se han observado también alteraciones en conectividad entre regiones frontotemporales derechas. Empero, éstas son compensadas por mayor coherencia espectral entre regiones temporoparietales izquierdas y surco central (T7, C3 y Cz), entre regiones temporoparietales y occipitales centrales (T7Oz); y de regiones temporales superiores hacia parietal superior (T7-P3). Se plantea que tal hiperconectividad permite en personas con SA compensar dificultades del lenguaje, pero mantiene fallas en comprensión de lenguaje complejo, uso de lenguaje excesivamente formal, verbosidad, literal y alteraciones en la prosodia y matiz del habla (Duffy et al., 2013).

3.4.4. Lectoescritura

En la revisión realizada, no se encontraron artículos respecto a la lectura de cartografías y TEA, pero sí se puede caracterizar datos respecto a las habilidades de lectoescritura. El aprendizaje del código lectoescrito tiene como prerrequisito la comprensión de información audioverbal. Este tipo de comprensión por otra parte, demanda entender información lingüística que tiene como base diverentes dominios como conocer el vocabulario y morfosintaxis del habla, así como la pragmática. En el trabajo de Nation, Clarke, Wright y Willliams (2006) niños con TEA encontró que niños de 10 años mostraban dificultades para leer. Dentro de esta misma investigación, un grupo de niños quienes sí lograban leer, presentaban pobre comprensión lectora. Davidson y Wismer (2014) trabajaron con niños de 5 ½ años con esta condición. Coinciden en las dificultades en comprensión lectora en niños, pero observan un desempeño altamente eficiente durante la decodificación. En su caso encuentran que como predictores de tales fallas en comprensión, el pobre desempeño en cognición no verbal y lenguaje expresivo observado cuando los niños tenían 2 ½ años.

3.4.5. Dibujos.

La producción de praxias de construcción puede influirse tanto por aspectos motores como perceptuales. Dado que ambos aspectos son considerados en el análisis perceptual como el papel de la habilidad motora, este apartado se enfoca en el procesamiento visuoespacial. En personas con TEA, las investigaciones señalan un predominio de procesamiento local de información sobre un procesamiento local, bajo el cual se ha propuesto el postulado de una deficiencia en Coherencia Central. Para Cardillo, Menazza y Mammarella (2018), Este procesamiento puede deberse a una cualidad respecto a un dominio cognitivo, y no un mecanismo central en el autismo. Por su parte, en un metaanálisis realizado por Van der Hallen, Evers, Brewaeys, Van

den Noortgate y Wagemans (2015) señalan que los hallazgos no muestran un mejor procesamiento visual local que global. Señalan que la diferencia se observa en el patrón temporal, en el cual las personas con TEA tienen un procesamiento más lento de la información global.

3.5. Funciones y procesos durante la navegación.

3.5.1. Control motor

Tal como se indicó en el análisis de las claves idiotéticas, las personas con TEA han mostrado fallas asociadas a tareas secuenciales motoras, y estereotipias que afectan su desarrollo motor. Sin embargo en lo referente a control motor en navegación, la investigación se ha enfocado en la afectación en el tiempo de desplazamiento para llegar a la meta debida a afectación en el control motor . En personas con TEA se ha documentado enlentecimiento de la respuesta motora asociado a alteración en la excitabilidad debida a una hiperplasticidad local entre conexiones corticoespinales (Oberman, Eldaief, Fecteau, Ifert-Miller, Tormos, Pascual-Leone, 2012). También se ha documentado menor velocidad en el movimiento de los dedos, la cual se ha asociado a menor activación del caudado derecho (Turner, Frost, Linsenhardt, Mcilroy, Müller, 2006). En ambos casos, la lentitud en este procesamiento conllevaría a mayor tiempo para ejecutar la tarea de navegación, ya sea en un espacio a gran escala como a pequeña escala.

Además de la velocidad motora otros síntomas motores han sido documentados en esta población, los cuales podrían afectar el tiempo invertido para recorrer una ruta o realizar las tareas motoras pertinentes durante la navegación en espacios a pequeña escala. Algunos de estos síntomas son: torpeza motora y posturas anormales debidas a menor volumen en putamen derecho (Yu, Cheung y McAlonan, 2011), así como las alteraciones en estereotipias previamente

comentadas al analizar el papel de las claves idiotéticas en esta población (Rojas, Peterson, Winterrowd, Reite, Rogers, Tregellas, 2006).

Lo castro et al., 2010 reportan que las personas con TEA alteraciones en el loci 2q37, expresado como microcefalia progresiva que conlleva a ataxia de la marcha. También se reportan alteraciones en los genes A2BP1 loci 16p3-13.3 asociado a ataxia espinocerebelosa (Sabat, Lakshmi, Malhotra, Troge, Lese-Martin, et al., 2007); en el gen PHCHD1 loci Xp22.21, y EN2 (Johnson et al., 2013; Milles, 2011) que se expresan como alteración en la diferenciación celular que afecta la formación y crecimiento del cerebelo, estructura fundamental en el desempeño motor.

3.5.2. Funciones ejecutivas en la navegación: Atención, flexibilidad cognitiva en la selección de ruta y memoria de trabajo.

Acorde a lo observado por la literatura, es esperable fallas en el funcionamiento ejecutivo en personas con TEA, por lo que es posible que su desempeño en las tareas de navegación se vea afectado por fallas ejecutivas. Como parte de los estudios que sustentan tales fallas, se ha reportado alteración en los genes CDH9 y CDH10 (cadherina 9 y 10) del cromosoma 5p14.1, implicados en la desconectividad observada que afecta principalmente regiones frontales (Wang et al., 2009). También se ha reportado subconectividad frontocortical que afectaría el funcionamiento ejecutivo (Lázár et al., 2010), así como una correlación inversamente proporcional entre el volumen de cerebelo y corteza prefrontal (Schroeder et al., 2010). En ambos casos, subconectividad como la correlación inversamente proporcional, tales características se han asociado a fallas en el funcionamiento ejecutivo (Lázár et al., 2010; Schroeder et al., 2010).

Las fallas en atención también podrían afectar el desempeño en una tarea de navegación cuyas claves alotéticas son visuales. Las fallas atencionales han sido documentadas en TEA, observándose baja modulación top-down hacia regiones temporales y occipitales, mostrando menor actividad en corteza occipital bilateral y temporal lateral izquierdo ante tareas atencionales. Indicándose que esto es debido a alteraciones en conectividad larga frontal hacia tales subsistemas. También se ha reportado una activación atípica de regiones occipitotemporales ventrales durante tareas de atención selectiva. En controles, las regiones de activación son en regiones prefrontales (Zilbovicius et al., 2006).

Las dificultades para lograr alternancia atencional – de claves alotéticas a idiotéticas, o de relaciones egocéntricas a allocéntricas—en conjunto con fallas en flexibilidad cognitiva para crear nuevas rutas, también son esperables en esta población. Frith y Vignemont (2005) señalan que esta población presenta dificultades en la alternancia entre representaciones egocéntricas y allocéntricas en esta población, lo cual podría afectar el desempeño en tareas de navegación. En éste sentido, la dificultad es congruente con los hallazgos respecto a fallas para desengancharse atencional en TEA. Se propone que esta falla se debe a una hiperactivación de la corteza prefrontal media y rostral. Tales subsistemas se observan activados durante el sueño diurno en población típica (Gilbert et al., 2008). Estudios en TEA portadores del gen 5HTTLPR que expresan el alelo S/S, se ha observado alteraciones en la maduración de la corteza prefrontal media. El indicador de tal alteración en la maduración en tales subsistemas, son los menores niveles de NAA/Cr, siendo estos niveles de Cr indicador de la densidad glial sobre la celular. (Endo, Kitamura, Tamura, Egawa, Sugai, Fukui, et al. 2010). Señalándose que alteraciones en la maduración de estructuras prefrontales mediales podría estar relacionada con las fallas en el desenganche atencional. De acuerdo con Rogers, McKimm, Dickson, Goldwitz, Blaha,

Mittleman (2013) otra posibilidad causal de las fallas en el cambio atencional, se relaciona con afectación en la conectividad del cerebelo-tálamo-corteza prefrontal medial. La liberación dopaminérgica es modulada indirectamente por las proyección glutamatérgicas de las células de Purkinje que proyectan hacia la corteza prefrontal, modulando indirectamente la liberación dopaminérgica en la corteza prefrontal medial. De este modo la alteración en éstas células de cerebelo, afectarían el Funcionamiento Ejecutivo, incluyendo las fallas en desenganche atencional.

Abu-Akel y Shamay-Tsoory (2011) no desligan la falla en flexibilidad cognitiva del déficit en mentalización. Proponen que las personas con TEA, presentan alteración en la liberación fásica dopaminérgica. Señalan que la liberación tónica estaría preservada, lo cual les facilita mantener representaciones estables, función en la que participa la CPF. Sin embargo presentarían fallas en la liberación fásica, impactando negativamente en la flexibilidad cognitiva. Continuando con esta especulación, los investigadores proponen que el funcionamiento serotoninérgico se afecta por las fallas en modulación dopaminérgica, conllevando a un déficit conceptual de la ToM en esta población.

La memoria de trabajo durante tareas de navegación, permite mantener la información relevante para ubicar la coordenada de interés. Déficits como memoria de trabajo espaciotemporal en esta población, han sido asociados a la afectación de la Corteza Prefrontal Dorsolateral (CPFDL) (Schroeder et al., 2010) y ganglios basales (Koziol y Budding, 2009). Los resultados de Luna, Minshey, Garver, Lazar, Thulborn, Eddy, et al. (2002) en población autista, apoyan los resultados de fallas en memoria de trabajo espacial. Proponen que tal déficit es atribuible a fallas en conectividad: circunscrita a la corteza prefrontal dorsolateral y corteza posterior del cíngulo, donde se observa menor activación que en controles. También se han

reportado alteración de las aferencias prefrontales dorsolaterales hacia el hipocampo, y proyecciones de retorno tanto parietales como de la corteza parahipocampal, hacia la corteza prefrontal dorsolateral, asociadas a fallas en en representación y memoria visuoespacial (Loveland, Bachevalier, Pearson, Lane, 2008). Opuesto a estos hallazgos, Caron et al. (2004) señalan que las personas con TEA logran recordar con mayor exactitud rutas, y requieren menos tiempo para memorizarla que los controles, lo cual se debe a una mejor memoria de trabajo espacial y reconocimiento visual topográfico.

Contrario tanto a la propuesta de peor desempeño como mayor habilidad en memoria de trabajo espacial, Edgin y Perrington (2005) no observaron diferencias significativas en memoria de trabajo espacial entre niños autistas y controles durante una tarea de navegación. Señalan que esta habilidad no se ve afectada por un procesamiento local predominante de información visual, pero sí afecta la velocidad de procesamiento. Por lo cual los hallazgos entorno al desempeño en memoria espacial en TEA, aún no son conclusivos.

3.5.3. Memoria.

El papel de diferentes estrategias de memoria declarativa y procedimental fueron previamente abordados en la navegación. Tales estrategias podrían estar afectadas en personas con TEA. Se ha reportado la presencia de alteraciones en el Gen DISC1 locis 1q21-22-23, el cual participa en el aprendizaje y memoria (Ylisaukko-oja, Wendt, Kempas, Sarenius, Varilio, Von Wendt, et al., 2004; Kilpinen et al., 2008).

Se ha documentado hiperactivación de regiones frontales en tareas de codificación visual, lo cual se ha interpretado como el apoyo en recursos ejecutivos para lograr la codificación de este tipo de información (Greimel, Nehrkorn, Fink, Kukulja, Kohls, Muller, et al., 2012). Aunque no se han identificado las funciones frontales asociadas a esta codificación, analizar el papel de las

asociaciones de pares de palabras, asociación objeto-evento, memoria episódica documentado como estrategias compensatorias en personas con fallas para navegar podrían ser un modo de guiar hipótesis sobre las funciones compensatorias que esta población utiliza. También se ha documentado alteración en los tractos cortos temporo-parietales derechos (Suckla, Keehn, Smylie, Müller, 2011)

Como parte del análisis de esta compensación, se ha reportado una activación atípica de la corteza prefrontal medial durante tareas de memoria de trabajo espacial (Gilbert et al., 2008; Schroeder et al., 2010; Rogers, McKimm, Dickson, Goldwitz, Blaha, Mittleman, 2013). Y en tareas de codificación de objetos, las personas con TEA muestran activación de la corteza prefrontal dorsolateral bilateral no observada en controles (Kleinhans et al., 2010). También muestran una activación atípica en el giro frontal inferior izquierdo, frontal medial y giro fusiforme durante tareas de codificación verbal, tareas en las cuales su desempeño es eficiente. Tal activación no ha sido observada en los controles (Greimel et al., 2012). Estas particularidades respecto a la codificación de información visual, de objetos y verbal, podría dar pistas respecto al papel que las regiones frontales juega en la codificación visuoespacial.

Una estrategia compensatoria ante fallas en la evocación de claves que orienten la navegación, es la asociación semántica de un objeto con un evento. En personas con TEA se ha documentado menor activación del giro temporal medial y del giro frontal superior en autistas de alto funcionamiento durante tareas de procesamiento semántico (Schroeder et al., 2010). Ello podría conllevar a que esta población no haga uso de la asociación semántica como estrategia compensatoria.

3.5.4. Imaginación

La imaginación es utilizada para crear mentalmente escenarios de navegación cuando una persona recibe indicaciones para seguir una ruta hacia una ubicación desconocida. En esta población se ha reportado dificultad realizar tareas de imaginación, e imagería visual. Irish, Halena, Kamminga, Tu, Hornberger y Hodges (2015) señalan que presentan ésta dificultad debido a fallas en la proyección del self tanto en contextos imaginados, sean estos reales en el presente, en el pasado o bien, contextos cuya existencia aún no es real. Esta propuesta destaca diferentes estructuras cerebrales que contribuyen a realizar este tipo de imagería. El estudio de Chen, Tsow, Chen, Wong, Fan y Wu (2018) presenta datos que apoyan las dificultades en la proyección del si mismo. Estos investigadores encontraron que las personas con TEA muestran un desempeño significativamente más lento en tareas de imagería de rotación de cabeza, mientras que presentan igual tiempo de respuesta que los controles, al imaginar la rotación de objetos. Las dificultades en imagería del propio cuerpo se han asociado fallas en imitación, considerando así que el sistemas de neuronas espejo podría estar implicados en este déficit (Conson, Mazarella, Frolli, Esposito, Marino, Trojano et al., 2013).

4. Justificación

Los datos epidemiológicos ofrecidos por la Secretaría de Salud (2012) en México, no cuentan con datos epidemiológicos exactos de la prevalencia de TEA. Sin embargo, se estima que existen aproximadamente 60 000 diagnósticos en menores de 18 años, siendo los Trastornos Generalizados del Desarrollo, una de las cinco primeras causas de atención clínica en el Hospital Psiquiátrico Infantil “Dr. Juan N. Navarro” durante los periodos 2003, 2005 y 2007 (Secretaría de Salud, 2012). Con lo cual se observa que la necesidad de valoración y atención que esta población requiere es amplia.

Aunado a ello, las investigaciones que caracterizan el desempeño cognitivo asociado a factores genéticos, neuroanatómicos, neuroquímicos y conectividad, muestran datos heterogéneos. La necesidad de atención a tal heterogeneidad, difiere en gran medida de los programas de intervención estandarizados, los cuales se presentan como estrategias de intervención aplicables a la alta demanda de atención que los servicios de salud tienen ante ésta condición. Programas como el Análisis Conductual Aplicado (ABA), Modelo de Intervención Temprana Denver (ESDM), Floortime recomendados en el trabajo con niños y adultos con TEA (Autism Speaks, 2018) fueron diseñados con base en métodos conductuales y el apoyo de otros especialistas en terapia de la comunicación o pedagogos. A pesar de ello, es poco frecuente que tales programas ofrezcan modificaciones a realizar basadas en las diferencias en funcionamiento cognitivo, pues consideran a las personas con TEA como un grupo homogéneo que comparte las mismas habilidades y dificultades de base. Ello a pesar de que la noción de “Espectro” también puede leerse como una analogía al color, referidos como a un conjunto de signos y síntomas que crean una gama o espectro. Signos y síntomas cuya combinación es específica para cada paciente, dando lugar a habilidades, defectos y características genéticas particulares. Creando un

cuadro específico para cada caso, y al mismo tiempo cumpliendo los criterios diagnósticos para ser considerados dentro del criterio diagnóstico de TEA . Al plantear programas estandarizados que carezcan de la observación de habilidades de los participantes, se pierde la oportunidad de considerar las estrategias compensatorias útiles para el diseño de programas, o bien para realizar adecuaciones a los programas de implementación existentes.

Las investigaciones entorno a navegación muestran hallazgos contradictorios en lo referente al desempeño en personas con TEA. Como se observó en el capítulo “Cognición Espacial durante la Navegación en los TEA”, las variables asociables a un buen o mal desempeño en esta tarea, pueden ser diversas. Analizar tales variables durante la navegación espacial, permite caracterizar los errores y estrategias compensatorias características de cada persona con TEA. Con esta información es de utilidad para guiar modificaciones a programas de intervención estandarizados, o bien crear programas acorde a las necesidades de cada paciente. Caracterizar éstas variables en un análisis grupal, posibilita proponer hipótesis de disfunción, compensación y supercompensación utilizables en los programas de intervención grupal e individual en los que este grupo participa. Brindando a sus terapeutas una aportación clínica neuropsicológica clínica, que brinde hipótesis respecto a los subsistemas cerebrales que podrían sustentan la disfunción o bien la funcionalidad durante la tarea de navegación.

Aunado a lo anterior, la caracterización permite analizar el rendimiento de un grupo particular de niños con TEA, en comparación con los hallazgos de función y disfunción reportados en la literatura en esta población, contribuyendo así a enriquecer el estado del arte actual entorno a la caracterización de esta condición. Por tales razones, esta investigación busca responder a la pregunta ¿Cuáles son las variables que inciden en la conducta de navegación en un grupo de niños con diagnóstico de TEA?

Es posible responder tal pregunta mediante una Valoración Neuropsicológicamente Orientada de la tarea de Navegación. Esta estrategia de valoración, permite analizar indicadores de actividad a partir de la producción del paciente durante una actividad orientada. Con base en tales indicadores, se proponen hipótesis de habilidad, pericia y dominio, asociadas a subsistemas cerebrales y la interacción entre los mismos. Al mismo tiempo ofrece la oportunidad de analizar los errores en producción, los cuales también conllevan al planteamiento de hipótesis de defecto en subsistemas cerebrales (Cruz, 2010). Hemos diseñado un instrumento diseñado ex profeso: La Navegación Valorada Neuropsicológicamente a Pequeña Escala (NavVal-PE) de Zurita, Cruz y Carrasco (en trámite), cuya base teórica se apoya en la Valoración por Tareas Neuropsicológicamente Orientada (Cruz, 2010). Dicha herramienta permite medir frecuencias de errores y estrategias compensatorias utilizadas durante la navegación, cuya asociación a diferentes subsistemas cerebrales han sido abordados en el capítulo “Formación de la Representación Espacial durante la Navegación” de esta investigación. De este modo es posible plantear hipótesis de disfunción, compensación o supercompensación, tal como es planteado en el Análisis por Tareas Neuropsicológicamente Orientadas.

Como se mencionó, la identificación de variables asociadas a la navegación, se ha basado en los hallazgos obtenidos en los estudios con población típica. Errores en la funcionalidad de tales variables, también han sido descritos en condiciones como la demencia, alzheimer o lesiones en modelos animales. Y no se cuenta con un análisis de tales correlaciones en población con TEA. El análisis de tales asociación de variables, es posible mediante Baterías Neuropsicológicas. La Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI) de Matute, Rosselli, Ardila y Ostrosky (2007) y la Evaluación de Inteligencia WISC IV (Wechsler, 2007) permiten contar con medidas estandarizadas de variables que inciden en la navegación, a partir de las cuales sea posible

identificar las semejanzas y diferencias de los TEA con respecto a lo reportado en la literatura, respecto a las variables implicadas en la navegación en población típica. Ambas escalas miden las siguientes variables asociadas a la navegación:

- a) *Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI): percepción, motricidad, funciones ejecutivas, memoria*
- b) *Evaluación WISC IV: Percepción, Lenguaje, Velocidad de Procesamiento, Memoria de Trabajo.*

La Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI) (Matute et al, 2007), cuenta con dos subescalas denominadas “Comprensión Derecha-Izquierda” y “Expresión Derecha-Izquierda”. Ambas habilidades son evaluadas utilizando una tarea de navegación a pequeña escala. Cuando los niños comprenden y utilizan las nociones espaciales, esta es una subescala que permite obtener puntuaciones estandarizadas durante la navegación a pequeña escala.

Debido a la gran cantidad de datos de disfunción ya reportados en la literatura de los TEA, podría inferirse que esta población enfrentará retos mayores en la resolución de la tarea de navegación. Sin embargo, al combinar las correlaciones observadas a partir de las puntuaciones estandarizadas, con la caracterización lograda a partir del Navegación Valorada Neuropsicológicamente a Pequeña Escala (NavVal-PE) (Zurita et al., en trámite), la generación de hipótesis no se circunscribirá a fallas. Será posible proponer hipótesis de compensación, tal como lo realizan personas con otras condiciones, en las cuales los diferentes subsistemas participantes en la navegación se encuentran comprometidos. Sin duda este conjunto de datos será aún más enriquecedor para el diseño de programas de intervención.



5. Objetivos

5.1. Objetivo general.

Caracterizar el papel de habilidades, funciones, procesos cognitivos vinculados a la navegación, en la formación de representaciones espaciales egocéntrica, allocéntrica a través de las mismas durante una tarea de navegación en un grupo de niños con diagnóstico de TEA.

5.2. Objetivos específicos.

- *Describir las variables implicados en la representación espacial durante una tarea de navegación, en un grupo de niños con diagnóstico de TEA.*
- *Describir errores de las variables implicadas en la navegación en un grupo de niños con diagnóstico de TEA.*
- *Analizar la correlación entre habilidades, funciones y procesos cognitivos con el desempeño en navegación, en un grupo de niños con diagnóstico de TEA.*

6. Método.

El diseño de esta investigación es No Experimental Transversal, apoyado en metodología descriptiva y correlacional. La recabación de datos fue realizado en dos etapas, como se detallará más adelante.

6.1. Muestra.

Se utilizó una muestra intencional no probabilística, conformada por niños con diagnóstico neuropediátrico de SA. Se incluyeron aquellos participantes cuyas puntuaciones en la Escala Gilliam para evaluar Trastorno de Asperger GADS (Gilliam, 2008) indicaban alta probabilidad del diagnóstico. La edad de los participantes se encuentra en un rango entre los 6 con 2 días y 12 años 8 meses, con una media de 9 años 2 meses 15 días, con una Desviación Estándar (DE) de 2 años 11 días (ver tabla 4).

Tabla 4.
Edad y sexo de los participantes.

Participante	Edad			Sexo
	Años	Meses	Días	
1	6	0	2	Masculino
2	7	6	10	Masculino
3	7	7	10	Masculino
4	8	0	26	Masculino
5	8	11	24	Femenino
6	9	3	15	Masculino
7	9	10	20	Masculino
8	10	3	10	Masculino
9	12	8	0	Masculino
10	11	9	11	Masculino

Nota. El número asignado a cada participante fue dado a partir de su edad, siendo el participante número 1 el más pequeño, con 6 años 2 días, y el participante número 10 el más grande, con 11 años 9 meses 11 días. Se observa que solo la participante número 5 pertenece al sexo Femenino.

Inicialmente la muestra estuvo conformada por 19 participantes quienes asisten al Programa de Funcionalización Cognoscitiva en la Facultad de Psicología de la Universidad Nacional

Autónoma de México. Esta población cuenta con diagnóstico neuropsiquiátrico de Síndrome de Asperger. Sin embargo, se excluyeron aquellos participantes cuyo diagnóstico fuese distinto al TEA o quienes al administrarles la Escala Gilliam para Evaluar Trastorno de Asperger (Gilliam, 2008), obtuvieran un coeficiente de Trastorno de Asperger \Rightarrow 79 (límite, bajo o no probable de trastorno de asperger); así como quienes presentaron comorbilidad con otra alteración neurológica o no completaron el esquema de evaluación-valoración. Por esta razón, la muestra final fue conformada por 9 niños y 1 niña.

6.2. Materiales.

6.2.1. Valoración por Tareas Neuropsicológicamente Orientada

Para describir las variables asociadas a la navegación, se administró La Navegación Valorada Neuropsicológicamente a Pequeña Escala (NavVal-PE) (Zurita, Cruz y Carrasco, en trámite). Mediante esta tarea, se registra la frecuencia en que cada variable es observada durante la ejecución de la tarea. Las variables son agrupadas en las cinco unidades de análisis abordadas en capítulos anteriores. Tales unidades son: Finalidad, Percepción, Herramientas, Funciones y Procesos, Orientación. Aunado a ello, la NavVal PE permite obtener dos indicadores de Proximidad, denominados Proximidad por Lugar y Proximidad por Sector. Estos valores indican la exactitud de la respuesta para encontrar el Tesoro. En la Cual el 100% de Proximidad, equivale a encontrar la ubicación del Tesoro (meta); mientras que el 0% de Proximidad, equivale a seleccionar como ubicación del Tesoro, el punto más lejano al Tesoro (86 lugares de distancia). El algoritmo de proximidad se realizó realizando una adaptación del algoritmo propuesto por Nardini et al. (2005) para valorar la exactitud de respuesta en tareas de navegación en un espacio a pequeña escala.

El valor de proximidad por sector, consiste en una división del laberinto por áreas. La meta se encuentra en un área dentro del laberinto, p.e. el área Norte-Este Periférico. Cuando la ubicación que el participante señala como el lugar en que se encuentra el Tesoro se encuentra dentro del sector Norte-Este Periférico, el porcentaje de proximidad Sector equivaldría al 100%; mientras que el extremo opuesto (Sur-Oeste Periférico) equivaldría al sector más alejado al tesoro, calificándose con un 0% de proximidad. Para mayor detalle de estos porcentajes de proximidad, puede consultarse el manual de la NavVal-PE (Zurita et al., en trámite).

6.2.2. Análisis Correlacional

Para analizar la relación de la navegación con las variables reportadas en la literatura consultada, se administraron escalas de la Evaluación Neuropsicológica Infantil ENI (Matute et al., 2007) y la Evaluación de Inteligencia WISC IV (Wechsler, 2007). En el caso de la ENI, se analizaron los siguientes dominios:

- *Habilidades perceptuales*
- *Habilidades Motoras*
- *Funciones Ejecutivas*
- *Memoria*

Las subescalas que conforman los dominios de la Evaluación Neuropsicológica Infantil, son descritas en el anexo A. También se indican las abreviaciones utilizadas para designar cada subdomino y dominio. En el caso de la Evaluación WISC IV (Wechsler, 2007), se analizaron los cuatro índices que la conforman la escala, a saber:

- *Índice de Comprensión verbal (ICV)*
- *Índice de Razonamiento Perceptual (IRP)*
- *Índice de Velocidad de Procesamiento (IVP)*

-
- *Índice de Memoria de Trabajo (IMT)*
 - *Coeficiente Intelectual Total (CIT)*

La abreviación de los índices que conforman las subescalas Wechsler utilizadas, también son presentadas en el anexo B.

6.3. Procedimiento

6.3.1. Selección del reforzador.

Debido a que en los TEA se ha reportado poca eficacia del reforzamiento social (Gaigg y Bowler, 2007; Yrigollen et al., 2008) y dificultades de aprendizaje bajo reforzamiento (Yu, Cheung y McAlonan, 2011; Rogers, McKimm, Dickson, Goldwitz, Blaha, Mittleman, 2013), se preguntó a los padres padres cuál era un reforzador significativo para el participante. Se presentaron dos de éstos reforzadores para que el participante eligiera el más significativo, y se le indicó que éste sería entregado al llegar a la ubicación meta. Dichos reforzadores variaron entre dulces, estampas y juguetes. El reforzador se entregó tanto en la fase I como II.

6.3.2. Fase I: familiarización con la tarea

Con el fin de comprender la tarea, los participantes se integraron en sesiones grupales en las cuales debían resolver el laberinto. Se formaron tres grupos de participantes realizando con cada grupo la misma tarea de familiarización. Cada grupo podía incluir tanto los participantes cuyos datos son reportados en esta tesis, como aquellos que no cumplieron los criterios de inclusión. Los grupos fueron conformados por edad (6 a 7 años; 8 a 9 años; y 10 a 11 años). La Navegación Valorada Neuropsicológicamente a Pequeña Escala (NavVal-PE) (Zurita et al., en trámite) cuenta con tres grupos de orientadores, a partir de los cuales se brindan instrucciones para ubicar la dirección en que debe desplazar un avatar, para llevarlo hacia el tesoro. Las claves orientadoras utilizadas que se utilizaron en esta fase, fueron las siguientes:

a) *Puntos Cardinales Participantes de 10 a 11 años..*

b) *Personajes.Participantes de 8 a 9 años.*

c) *Partes del cuerpo. Los participantes de 6 a 7 años.*

La tarea consiste en encontrar la ubicación de un tesoro escondido dentro del laberinto, siguiendo las instrucciones señaladas en el Manual de la NavVal-PE (Zurita et al., en trámite). A los participantes se les indica que al encontrar el tesoro, se les entregará uno de los premios que los padres reportaron como significativo. Para resolver la tarea deben desplazar un avatar, hacia las pistas encontradas en ubicaciones específicas dentro del laberinto. Dicho avatar podía ser elegido por cada participante, pudiendo elegir entre un grupo de animales.

Las pistas consistía en dos tipos de información: Distancia y Dirección de desplazamiento. La distancia consistía en el número de lugares para llegar hacia el tesoro (meta) desde la posición del avatar, y la Dirección de desplazamiento refería el sentido en que el avatar debía desplazarse para llegar hacia la meta. P.e. 5 lugares (distancia) hacia el Noroeste (Dirección de desplazamiento). En esta fase de familiarización, la ubicación del tesoro era la misma para todos los participantes. Se plantearon dos criterios para terminar la tarea:

1. *Cuando participante identificaba la ubicación del tesoro, con lo cual salía del juego y daba oportunidad a que el resto de los participantes siguieran en la tarea.*
2. *Cuando habían transcurrido 120 minutos de iniciada la tarea y el participante no había logrado llegar a la meta.*

6.3.3. Fase II: valoración por tareas neuropsicológicamente orientadas

La sesión de valoración se realizó de manera individual. Al inicio, se le pidió a cada participante su ayuda para colocar las claves alotéticas correspondientes a los puntos cardinales

en su respectiva ubicación. Para ello se utilizó la brújula, tal como se realizó en la Fase I. La brújula fue retirada antes de iniciar la valoración.

En esta fase se les pidió que encontraran nuevamente el tesoro, el cual se encontraba en una ubicación distinta al de la fase I. Para saber la ubicación del tesoro, debían seguir las mismas indicaciones que en la fase de familiarización. Con la diferencia que en esta ocasión, el único avatar presente sería el del participante. El punto de partida fue el centro del laberinto. Al igual que en la fase de familiarización, los mismos criterios de finalización de la tarea: encontrar el Tesor (meta) o bien, cuando habían transcurrido 120 minutos, en cuyo caso, se suspendía la tarea aún cuando el participante no hubiera identificado la ubicación del Tesoro (meta). A cada participante se le presentaron las mismas claves orientadoras utilizadas durante la fase de familiarización.

6.4. Escenario.

La evaluación, la fase de familiarización y la fase de valoración por tareas, fueron realizadas en el Laboratorio de Cognición y Desarrollo de la Facultad de Psicología de la UNAM. La aplicación de la Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI) (Matute et al, 2007) junto con la administración de la Escala Wechsler WISC IV (Wechsler, 2007) tuvo una duración variable para cada participante, su rango de duración fue entre dos a cuatro sesiones, cada sesión con una duración de dos horas.

La aplicación de la NavVal-PE (Zurita, Cruz y Carrasco en trámite) tuvo una duración máxima de 120 minutos para todos los participantes en la fase de familiarización. Durante la fase II, Valoración por Tareas Neuropsicológicamente Orientadas, tuvo una duración de máxima de 120 minutos para cada participante. El rango de duración fue de 23 minutos para el participante

que la resolvió con mayor rapidez, y 120 minutos quienes no lograron llegar a la ubicación exacta del Tesoro (meta).

6.5. Análisis de resultados.

Se recabaron los datos utilizando los protocolos pertinentes durante la administración de los instrumentos. Aunado a ello, se videograbaron todas las sesiones para verificar la calificación de las Escalas de Evaluación (ENI y WISC IV), como para verificar el registro de variables durante la aplicación de la NavVal-PE.

A los tutores, se les administró la escala para el diagnóstico de síndrome de Asperger Gilliam GADS (Gilliam, 2008), que junto con el criterio diagnóstico, permitió identificar a los participantes que serían incluidos en esta tesis.

6.5.1. Registro Variables en la NavVal-PE.

La sesión en la cual se aplicó la NavVal-PE (Zurita et al., derechos de autor en trámite), fue videograbada para su posterior análisis. Se utilizaron dos cámaras, una de ellas se enfocó en ver de frente al participante. La segunda, grabó desde una perspectiva fija que permitía ver al participante y sus movimientos alrededor de la maqueta. Durante la grabación, uno de los observadores también realizó un registro descriptivo para corroborar los eventos registrados posteriormente contra la videograbación.

El registro de cuatro de las cinco unidades de análisis, incluyó datos de frecuencia. La única unidad de análisis no descrita en este trabajo es la que ha sido denominada “Finalidad”. Esta variable si incidió en tanto se le pidió a los padres de los participantes, indicaran aquellos reforzadores significativos para los participantes. Tal reforzador serviría como objetivo de navegación, de modo que los participantes obtendrían el mismo al encontrar la meta (tesoro escondido) dentro del laberinto. La información del reforzador significativo fue recabada una

semana previa a la administración de la NavVal-PE. Las otras cuatro unidades de análisis fueron las siguientes:

- a Percepción.*
- b Herramienta*
- c Funciones/Procesos.*
- d Orientación.*

Cada una de las restantes cuatro unidades de análisis, está conformada por distintas variables nominales, de las cuales se realizó un registro de frecuencias. Aunado a tales unidades de análisis, se registró el tipo de “Error” cometido por los participantes durante la navegación. También se realizó un registro de frecuencia de cada uno de los tipos de errores cometidos. Las categorías que conforman cada unidad de análisis, y los tipos de errores registrados, se pueden consultar en el anexo C.

El registro de frecuencias de cada unidad de análisis se dividió en dos tipos de objetivos. El primero es la navegación hacia las “Pistas”, y el segundo la navegación hacia la “Meta” o tesoro. El turno en el cual la navegación se dirigía hacia la pista se denominó “Turno Pista”, y el turno en el cual la navegación se dirigía hacia el tesoro o meta se llamó “Turno Meta”. En el primer caso, los participantes debieron navegar hacia una pista visible. Se registraron las variables presentes durante los turnos en que los participantes se dirigían hacia esta pista.

El segundo objetivo fue la “Meta”. Tal objetivo debía encontrarse a partir de la información obtenida al llevar un avatar a la meta. La información con la que se contó fue la Distancia y Dirección del desplazamiento, información previamente descrita. En este caso, el objetivo de la navegación no era visible, por lo cual además de la información brindada por la pista (Distancia

y Dirección del desplazamiento), el participante podía confiar en notas, información aprendida durante los “Turno Meta” previos para calcular y encontrar la ubicación del Tesoro.

Para el registro de frecuencia, se cuantificaron los turnos en que cada participante utilizó cada categoría registrada. P.e. Pensemos en el participante uno, quien necesitó 22 turnos para completar la tarea: 16 Turnos Pista y 6 Turnos Meta, tal como se ejemplifica en la figura 4.

Clasificación de los turnos requeridos para completar la NavVal-PE

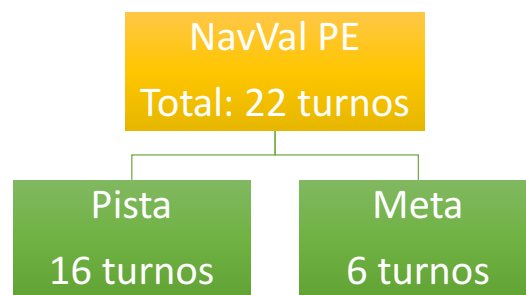


Figura 4. Registro de turnos que el participante uno requirió para completar la NavVal-PE. El total de turnos (22) se divide en el tipo de dirección hacia la cual se realizó la navegación: hacia una pista (16 turnos); o hacia la meta (6 turnos).

Ahora enfoquémonos en los turnos en los cuales se dirigió hacia una pista, que fueron un total de 16. La Unidad de análisis Percepción, se divide en claves idiotéticas (id) y alotéticas (A). En tal caso se observó que durante 14 de los 16 turnos, se apoyó en la clave idiotética 1 (taxonómica: id1), 8 turnos de los 16 usó la clave ideotética 2 (Praxica Vestibular Activa: id2) y solo un turno de los 16 utilizó la clave idiotética 3 (Práxico Vestibular Pasiva: id3). Del mismo modo se registran las claves alotéticas Visuales (A1), Auditiva (A2), Tactil (A3) y Olfativa (A4). Al final se indica el número de turnos requeridos por el participante en ese tipo de navegación, tal como se ilustra en la tabla 5.

Tabla 5

Ejemplo de registro en la unidad de análisis “Percepción” durante los turnos de navegación hacia la Pista.

Participante	Id1	id2	id3	A1	A2	A3	A4	Turnos requeridos
1	14	8	1	16	1	7	0	16

Nota. Datos obtenidos por el participante 1, donde se indica que la clave idiotética más utilizada fue la taxonómica (id1) en 14 de los 16 Turnos Requeridos. Mientras que la clave alotética más utilizada fue la Visual (A1) la cual fue utilizada en todos (16 turnos) los turnos en que se dirigió a una pista (16 Turnos requeridos).

El registro de frecuencias se realizó del mismo modo con las otras unidades de análisis registradas (Medio-Herramienta; Funciones-Proceso; Orientación; Error). Al final de las tablas, se presentó una sumatoria de todos los participantes que se valieron de esa misma herramienta durante la tarea. Así, la frecuencia grupal se contabilizó de manera dicotómica en cada participante durante toda la tarea: Presente (1) o ausente (0).

6.5.2. Análisis del error en NavVal-PE

Durante la NavVal-PE, también fue registrada la frecuencia de errores en navegación documentados en la literatura. Su análisis se presentó describiendo la frecuencia en que cada participante presentó dicho error de manera dicotómica: error presente o ausente en cada turno. Por ejemplo, si el participante comete el error denominado “Dead Reckoning” tres veces en el mismo turno, la frecuencia solo indica como 1 la presencia de este error y como 0, la ausencia del mismo en ese turno. No se contabilizan los 3 errores.

Sin embargo, sí se realizó un conteo de la presencia del error durante todos los turnos. Continuando con el ejemplo del error “Dead Reckoning”, si el participante presentó este error en 5 de todos turnos, se contabiliza como 5. Al final se realizó un análisis de frecuencia grupal. En este análisis, nuevamente sólo se cuenta la presencia (1) o ausencia (0) del error por cada participante, sin importar el número de veces que lo presentó durante toda la tarea. Así, en nuestro participante hipotético que presentó 5 errores, la presencia del error se marca como 5

para indicar las veces que presentó el error en todo el juego, pero en la sumatoria total grupal solo se cuenta como 1. Significando que este participante, sí presentó este error.

El análisis del error incluye el conteo de errores realizados por cada participante en toda la tarea. Este análisis no segmenta los resultados por tipo de Turno (Pista ni Meta).

6.5.3. Análisis de Valores Discrepantes (outlyers) y Correlaciones.

A los participantes se les aplicaron la escala WISC IV (Wechsler, 2007), y las subescalas previamente indicadas de la Evaluación Neuropsicológica Infantil ENI (Matute et al., 2007). Se obtuvieron las medias y desviación estándar del grupo en cada subescala aplicada de la ENI. Se identificó la presencia de valores discrepantes (outlyers) en cada subescala. Los resultados obtenidos en las subescalas de la ENI denominadas Comprensión Derecha Izquierda (CMDI) y Expresión Derecha Izquierda (EXDI), fueron medidas de Comprensión Verbal para realizar Tareas de Navegación a Pequeña Escala (Comprensión Derecha Izquierda-CMDI), y uso del Habla para dirigir la Navegación a Pequeña Escala (Expresión Derecha Izquierda-EXDI). La correlación de las puntuaciones percentil de ambas medidas fueron analizadas usando el resto de las puntuaciones percentil obtenidas con las subescalas de la ENI y los índices obtenidos en el WISC IV. El análisis se realizó utilizando la prueba R de Spearman. La selección de las subescalas CMDI y EXDI para realizar esta correlación se basó en que éstas demandan de navegación en un espacio a pequeña escala, tal como se realiza en la valoración por tareas. También fue realizado un análisis de valores discrepantes (outlyers) en cada subescala, utilizando la prueba de Grubbs.

Los índices compuestos de la escala Wechsler están dados en puntuación percentil. Las subescalas ENI brindan puntuaciones tanto estándar como percentil. Sin embargo, el análisis de

correlaciones se realizó utilizando las puntuaciones percentil, debido a que estos valores son equiparables con los índices compuestos de la escala Wechsler.

7. Resultados

7.1. Resultados en la NavVal-PE.

7.1.1. Turnos empleados para llegar a la meta

Los turnos que cada participante empleó en cada tipo de navegación para completar la tarea fueron distintos, siendo el participante 10 quien requirió menor cantidad de turnos (ocho) y el participante 9 quien requirió mayor cantidad (treinta y cuatro). En la tabla 6 se observa la cantidad de turnos que cada participante requirió, así también se señala cuantos de estos turnos fueron utilizados durante la navegación hacia la Pista y hacia la Meta. Únicamente los participantes 2, 3 y 7, fueron quienes no identificaron la ubicación exacta en los 120 minutos de duración de la tarea.

Tabla 6.
Turnos Empleados en cada tipo de navegación

Navegación	Participantes									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pista	16	6	6	12	17	7	8	13	22	6
Meta	6	6	5	6	8	7	5	13	12	2
Total	22	12	11	18	25	14	13	26	34	8

7.1.2. Unidades de análisis NavVal-PE

7.1.2.1. Percepción

En las tablas 7 y 8 se observa el número de ocasiones en que cada participante utilizó las claves tanto en la navegación hacia la pista como hacia la meta. Al observar las claves idiotéticas utilizadas por los participantes, encontramos que la clave taxonómica (id1) es la más utilizada en el grupo de participantes en ambos tipos de navegación. Fue utilizada en todos los turnos durante la navegación hacia las pistas, por los participantes 5, 6, 8 y 10. El uso de esta misma clave continuó observándose en los participantes 5, 8 y 10 en todos los turnos durante la navegación hacia la meta o tesoro.

La segunda clave y idiotética más observada fue la Práxico Vestibular Pasiva (id2). Durante la navegación por pistas, fue utilizada por siete participantes y en la navegación por meta por ocho. En ambos tipos de navegación, los participantes que hicieron uso de la misma lo realizaron con una frecuencia menor en comparación del uso que a la clave taxonómica. La clave idiotética menos utilizada fue la Práxico Vestibular Activa (id3), siendo únicamente cuatro los participantes quienes la utilizaron tanto en la navegación por pista (participantes 1, 4, 8 y 9), como hacia la meta (participantes 1, 2, 8, 9) (tablas 7 y 8).

Tabla 7
Claves utilizadas durante los turnos hacia la ubicación pista

Participante	Id1	id2	id3	A1	A2	A3	A4	Turnos requeridos
1	14	8	1	16	1	7	0	16
2	3	3	0	6	0	5	0	6
3	5	1	0	6	0	1	0	6
4	10	3	4	2	0	0	0	12
5	17	0	0	17	0	0	0	17
6	7	0	0	7	0	6	0	7
7	3	6	0	8	0	1	0	8
8	13	1	1	13	0	0	0	13
9	19	3	1	22	0	3	0	22
10	6	0	0	6	0	2	0	6
Moda	10	7	4	10	1	7	0	

Nota: Taxonómica (id1), Práxico Vestibular Pasivo (id2), Práxico vestibular activo (id3), Visua (A1), Auditiva (A2), Táctil (A3), Olfativa (A4). Se indica el número de turnos en que utilizó cada clave. La última columna indica el total de turnos que cada participante requirió durante la tarea y la última fila denominada Moda, señala el número de participantes que usaron dicha clave: presencia o ausencia de la misma. No debe confundirse con la sumatoria de la columna.

Con respecto a las claves alótéticas, los puntos de referencia visuales (A1) son utilizados por todos los participantes en ambos tipos de navegación. El segundo grupo de claves alótéticas más utilizada de manera grupal, son las claves táctiles (A3). Estas claves son utilizadas con menor frecuencia que las claves visuales, siendo utilizada por 7 participantes en la navegación hacia pista y por 6 participantes en la navegación hacia la meta. Es destacable el alto uso de las claves táctiles (A3) durante la navegación por pista, pues en éste

tipo de navegación los puntos de referencia más importantes para resolver la tarea son visuales. A pesar de ello, la información táctil tiene un importante papel (ver tablas 7 y 8).

Las claves auditivas (A2) únicamente fueron utilizadas por el participante 1 en ambos tipos de navegación. El uso de claves olfativas (A4) solamente fue observado por un participante durante la navegación hacia la meta.

Tabla 8.
Claves utilizadas durante los turnos hacia la ubicación meta

Participante	Id1	id2	id3	A1	A2	A3	A4	Turnos requeridos
1	4	3	3	6	1	4	0	6
2	2	3	1	6	0	2	1	6
3	7	0	0	5	0	2	0	5
4	7	4	0	6	0	0	0	6
5	8	1	0	8	0	0	0	8
6	5	3	0	7	0	3	0	7
7	3	2	0	5	0	1	0	5
8	13	8	1	13	0	0	0	13
9	7	6	1	12	0	4	0	12
10	2	0	0	2	0	0	0	2
Moda	10	8	4	10	1	6	1	

Nota: Taxonómica (id1), Práxico Vestibular Pasivo (id2), Práxico vestibular activo (id3), Visua (A1), Auditiva (A2), Táctil (A3), Olfativa (A4). Se indica el número de turnos en que utilizó cada clave. La última columna indica el total de turnos que cada participante requirió durante la tarea y la última fila denominada Moda, señala el número de participantes que usaron dicha clave: presencia o ausencia de la misma. No debe confundirse con la sumatoria de la columna.

7.1.2.2. Herramientas

Se observa gran heterogeneidad en el uso que los diferentes participantes dan a cada herramienta. En el caso de la navegación del avatar hacia una pista, el agarre (A) es la herramienta más utilizada (tabla 9), siendo 8 participantes quienes se apoyan en ella. La segunda clave más utilizada en la navegación hacia la pista, fueron los Gestos Transitivos (GT) y Gesto otro, usada por 7 participantes. La Regulación Verbal Simultánea (RVs) es utilizada por 6 participantes y la Regulación Verbal Externa (RVE) es usada solo por 3 participantes. En el caso de otras herramientas, se observa que el participante 2 se beneficia

de la reorientación a la tarea mediante el contacto físico para atraer su atención a la misma. Debemos destacar que el participante 4, es el que ocupó únicamente la Regulación Verbal Simultánea (RVs) para orientar su navegación, mientras que la participante 5, no utilizó ninguna. Esta participante resolvió la tarea predominantemente con el uso de relaciones espaciales alocéntricas, como se observará en el análisis de resultados de Relaciones Espaciales. Y únicamente el participante dos, utilizó el ritmo (RitD) para medir Distancias (p.e. cantar tic - tic - tic = avanzar 3 lugares).

Tabla 9.
Herramientas utilizadas en turnos para encontrar la ubicación pista.

Participante	A	GT/Gestotro	L	RVA	RVE	RVS	RitD	Turnos R
1	2	2	0	0	3	1	0	16
2	4	1	0	0	2	3	1	6
3	1	1	0	0	0	0	0	6
4	0	0	0	0	0	2	0	12
5	0	0	0	0	0	0	0	17
6	2	0	0	0	0	0	0	7
7	4	1	0	0	1	1	0	8
8	5	1	0	0	0	0	0	13
9	2	3	0	0	0	2	0	22
10	3	1	0	0	0	1	0	6
Participantes que la usan	8	7	0	0	3	6	1	

Nota: Agarre (A), Gestos (GT/Gestotro), Lectura (L), Regulación Verbal anticipada (RVA), Regulación Verbal Externa (RVS), Regulación Verbal Simultánea (RVs), Ritmo Distancia (RitD). Se indica el número de turnos que cada participante utilizó tales herramientas durante la navegación hacia las pistas. En la fila final se indica el número de participantes que hicieron uso de cada tipo de herramientas en este tipo de navegación. Y en la columna final (Turnos R) se señala el total de turnos que el participante requirió para navegar hacia la pista.

Al igual que en la navegación hacia la pista, en la navegación hacia la meta, el agarre (A) y la Regulación Verbal simultánea (RVs) se encuentra en el primer lugar de las herramientas más utilizada por los participantes (ver tabla 10). Nueve de ellos hacen uso del Agarre (A). Solo un participante prescinde de ella (participante 10). La regulación verbal simultánea

participante 6 quien prescinde de esta herramienta. Este participante también prescindió de la regulación verbal externa (RVE) y anticipada (RVA).

Tabla 10.
Herramientas utilizadas en turnos para encontrar la ubicación meta.

Participante	A	GT/Gestotro	L	RV A	RV E	RV S	Rit D	M	Tur nos R
1	1	5	0	0	1	1	0	0	6
2	2	0	1	0	6	1	1	0	6
3	1	0	0	0	0	1	0	0	5
4	3	1	0	0	0	1	0	1	6
5	2	1	0	1	0	2	0	1	8
6	4	1	0	0	0	0	0	0	7
7	3	1	0	0	1	1	0	0	5
8	2	5	0	1	1	1	0	0	13
9	1	5	0	0	1	3	0	0	12
10	0	0	0	1	0	1	0	0	2
Participantes que la usan	9	7	1	3	5	9	1	2	

Nota: Agarre (A), Gestos (GT/Gestotro), Lectura (L), Regulación Verbal anticipada (RVA), Regulación Verbal Externa (RVS), Regulación Verbal Simultánea (RVS), Ritmo Distancia (RitD), Marca (M). Se indica el número de turnos que cada participante utilizó tales herramientas durante la navegación hacia la meta. En la fila final se indica el número de participantes que hicieron uso de cada tipo de herramientas en este tipo de navegación. Y en la columna final (Turnos R) se señala el total de turnos que el participante requirió para navegar hacia la meta.

En segundo lugar de preferencia, se encuentra el apoyo en gestos transitivos (GT) y Gestotro, utilizado por 7 de los participantes. La RVE se encuentra en el tercer lugar de preferencia (5 participantes) y en cuarto sitio la Regulación Verbal Anticipada (RVA), utilizada por tres participantes (5, 8 y 10). Otra herramienta utilizada fue el Ritmo para medir Distancias (RitD), observada en el participante 2, quien también la utilizó en los turnos de navegación a la pista. Cabe destacar que en el caso de este participante, el uso del ritmo también fue codificado en función/proceso pues lo utilizó para medir distancias. Sin embargo en esta unidad de análisis codificamos los turnos en que el ritmo fue utilizado como herramienta, pues lo utilizó para marcar puntos de referencia, asociando ubicaciones espaciales dentro de

Otra herramienta utilizada solo en los turnos hacia la meta, fue el uso de Marcas (M). Esto fue realizado por los participantes 4 y 5 (tabla 10). Los participantes prefirieron colocarlas dentro de la maqueta y no en los mapas que se les entregaron.

7.1.2.3. Funciones/Procesos

Se observó la frecuencia en que cada participante se apoyó en cada función o proceso, tanto durante la navegación hacia la pista (tablas 11 y 12) como a la meta (tablas 13 y 14).

Tabla 11
Continuación función o proceso utilizados en turnos hacia la ubicación pista.

Participante	FL	PL_dRuta	PL_dSec	M E	M E-obj	Mpp	MPr	Turnos R
1	0	0	0	0	0	0	0	16
2	1	1	0	0	0	1	0	6
3	0	2	0	0	0	0	0	6
4	0	1	0	0	0	0	3	12
5	0	3	1	0	0	0	0	17
6	0	9	0	0	0	0	0	7
7	0	3	0	0	0	0	1	8
8	9	7	0	0	0	0	1	13
9	2	21	0	8	2	0	0	22
10	0	3	0	0	0	0	0	6
Participantes que la usan	3	9	1	1	1	1	3	

Nota: Flexibilidad (FL), Planeación de Rutas (PL_dRuta), Planeación Secuencial (PL_dSec), Memoria Episódica (ME), Memoria Episodica asociada a un objeto (ME-obj), Memoria pares de palabras (Mpp), Memoria Procedimental (MPr). Se muestra el número de turnos que cada participante utilizó las funciones o procesos señalado. Recordemos que los turnos empleados en este tipo de navegación por cada participante fueron distintos, por lo cual al final se indica una columna en donde se muestran los turnos que cada participante realizó navegando (Turnos Req). En la última fila sólo se indica la cantidad de participantes que realizaron dicha función o proceso. Este resultado no debe confundirse con una sumatoria de la columna.

En la navegación hacia pista (tabla 11), se observa que en segundo lugar, las funciones o procesos utilizados fueron la flexibilidad (FL) para encontrar rutas alternas, utilizada por los participantes 2, 8 y 9; y la memoria procedimental (MPr), utilizada por los participantes 4, 7 y 8. Las funciones menos utilizadas en la navegación hacia una pista fueron la planeación secuencial (participante 5), el apoyo en la descripción del objeto para recordar una ubicación

(ME-obj, participante 9), la asociación de pares palabras (Mpp) también para recordar una ubicación (participante 2), y la memoria episódica (ME) utilizada por el participante 9.

Continuando el análisis de la navegación hacia las pistas (tabla 12), el segundo lugar de funciones o procesos utilizados por los participantes fueron el conteo (Cont), utilizado por los participantes 2, 4 y 10); y el juego imaginario (Jimag), utilizado por los participantes 1, 2 y 6. Estas mismas funciones o procesos ocupan el segundo lugar de uso entre los participantes durante la navegación hacia la ubicación meta. En este tipo de navegación, son 4 participantes quienes la usan. En el caso del conteo, nuevamente al igual que en la navegación por pistas, la utilizan los mismos participantes (2, 4 y 10) a los que se les suma el participante 5. Con respecto al juego imaginario (Jimag) los mismos participantes que se apoyaron de este juego en la navegación hacia pistas visibles (1, 2 y 6) la utilizan durante la navegación hacia la meta o tesoro, a los que se suma el participante 4.

Las funciones o procesos otros, únicamente utilizadas por un participante durante la navegación hacia las pistas, fueron Atención Alternante (AA) por el participante 1, memoria espacial egocéntrica (MEE) utilizada por el participante 10, Ritmo-Distancia (R-D) por el participante 1 –como también lo hizo durante la navegación hacia la meta o tesoro-- y verificación (V) por el participante 9 (tabla 12).

Tabla 12.

Función o proceso otro utilizado en los turnos hacia la ubicación pista.

Participante	Ar	AS	Cont	Cgüi	Jimag	MEE	Mot	P	R-D	Ver	Turnos R
1	2	11	0	0	3	0	9	0	1	0	16
2	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	6
3	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	6
4	0	0	5	0	0	0	3	0	0	0	12
5	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	17
6	0	0	0	0	9	0	1	0	0	0	7
7	5	0	0	0	0	0	5	0	0	0	8
8	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	13
9	0	0	0	0	0	0	6	0	0	3	22
10	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	6
Uso ^a	2	1	3	2	3	1	8	0	1	1	

Nota. Las funciones identificadas durante la ejecución de la tarea, las cuales son: Aritmética (Ar), Atención Alternante (AA), conteo (Cont), contigüidad (Cgüi), juego imaginario (Jimag), memoria espacial egocéntrica (MEE), Motor (Mot), ponderación (P), ritmo- distancia (R-D), verificación (Ver). Se muestra el número de turnos que cada participante utilizó las funciones o procesos señalado. Recordemos que los turnos empleados en este tipo de navegación por cada participante fueron distintos, por lo cual al final se indica una columna en donde se muestran los turnos que cada participante realizó navegando (Turnos R). En la última fila sólo se indica la cantidad de participantes que realizaron dicha función o proceso. Este resultado no debe confundirse con una sumatoria de la columna.

La memoria episódica (ME) y la planeación visoespacial (PL_dRutas) fueron utilizadas por la mayoría de los participantes en la navegación hacia la ubicación meta. Continuando con este objetivo de navegación, la segunda función más utilizada fue la flexibilidad (FL) para buscar rutas alternas. Buscaron ubicaciones y rutas que cubrieran los requisitos de distancia y sentido de desplazamiento (puntos cardinales) que le eran proporcionados a los participantes para encontrar la ubicación meta. Dicha flexibilidad se observó en los participantes 5, 8, 9 y 10 (ver tabla 13). En tercer lugar de preferencia, se encontró tanto la descripción de los objetos para evocar una ubicación (ME-obj), utilizada por los participantes 3, 5 y 9; así como la asociación de pares palabras para recordar ubicaciones (Mpp), utilizada por los participantes 4, 8 y 9. La memoria procedimental (Mpr) fue la menos utilizada en la navegación hacia la meta, identificándose su uso únicamente por el participante 8. Fue este participante el único que presentó un tipo de error denominado Habitación, el cual está asociado con la navegación mediante estrategia de respuesta y es explicado más adelante en los resultados de errores presentados por los participantes.

Tabla 13.
Función o proceso utilizado en turnos para encontrar la meta.

Participante	FL	PL_dRuta	PL_dSec	ME	ME-obj	Mpp	Mpr	Turnos Req
1	0	2	0	0	0	0	0	6
2	0	1	0	1	0	0	0	6
3	0	0	0	0	2	0	0	5
4	0	0	0	1	0	1	0	6
5	2	4	0	2	1	0	0	8
6	0	5	0	0	0	0	0	7
7	0	3	0	4	0	0	0	5
8	1	8	0	1	0	1	5	13
9	1	8	0	1	1	2	0	12
10	1	0	0	3	0	0	0	2
Participantes que la usan	4	7	0	7	3	3	1	

Nota: Flexibilidad (FL), Planeación de Rutas (PL_dRuta), Planeación Secuencial (PL_dSec), Memoria Episódica (ME), Memoria Episodica asociada a un objeto (ME-obj), Memoria pares de palabras (Mpp), Memoria Procedimental (Mpr). Se muestra el número de turnos que cada participante utilizó las funciones o

procesos señalado. Recordemos que los turnos empleados en este tipo de navegación por cada participante fueron distintos, por lo cual al final se indica una columna en donde se muestran los turnos que cada participante realizó navegando (Turnos Req). En la última fila sólo se indica la cantidad de participantes que realizaron dicha función o proceso. Este resultado no debe confundirse con una sumatoria de la columna.

En la navegación hacia la ubicación meta (tabla 14), coincide este uso por un solo participante en el caso de la atención selectiva (AS), en la cual también fue participante 1 quien se apoyó de la misma. La aritmética (Ar), sólo fue utilizada nuevamente por el participante 7 --del mismo modo que lo hizo durante la navegación por pista--; Y es en esta misma navegación hacia la ubicación meta, en la cual la participante 5 utiliza la ponderación de sectores (P) para orientar su navegación. Fue únicamente en este tipo de navegación cuando se utilizó la ponderación (P).

Tabla 14.
Continuación función o proceso otros utilizados en los turnos hacia la ubicación meta.

Participante	Ar	AS	Cont	Cgüi	Jimag	MEE	Mot	P	R-D	Ver	Turnos R
1	0	2	0	0	1	2	0	0	1	0	6
2	0	0	1	0	1	0	4	0	4	0	6
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
4	0	0	1	0	1	2	2	0	0	2	6
5	0	0	1	3	0	0	0	1	0	1	8
6	0	0	0	0	5	0	2	0	0	0	7
7	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	5
8	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	13
9	0	0	0	1	0	1	3	0	0	2	12
10	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2
Uso ^a	1	1	4	2	4	3	6	1	2	3	

Nota. Funciones identificadas durante la ejecución de la tarea, las cuales son: Aritmética (Ar), Atención Selectiva (AS), conteo (Cont), contigüidad (Cgüi), juego imaginario (Jimag), memoria espacial egocéntrica (MEE), Motor (Mot), ponderación (P), ritmo- distancia (R-D), verificación (Ver). Se muestra el número de turnos que cada participante utilizó las funciones o procesos señalado. Recordemos que los turnos empleados en este tipo de navegación por cada participante fueron distintos, por lo cual al final se indica una columna en donde se muestran los turnos que cada participante realizó en navegando (Turnos R). En la última fila sólo se indica la cantidad de participantes que realizaron dicha función o proceso. Este resultado no debe confundirse con una sumatoria de la columna.

Tanto en la navegación hacia pistas como en la navegación hacia la meta, la función utilizada por la mayoría de los participantes fue el desplazamiento motor (Mot) que les permitía mantener la misma perspectiva visuoespacial que se tenía al estar ubicado en la posición del avatar (ver tablas 12 y 14). En el caso de la navegación hacia una pista, únicamente los participantes 5 y 10, prescindieron del desplazamiento motor. En la navegación hacia la ubicación meta, incrementó a 4 el número de participantes que prescindieron de esta clave. En este caso, nuevamente observamos que los participantes 5 y 10 prescinden de este desplazamiento motor (Mot), pero a ellos se sumaron los participantes 1 y 3. Observamos que la verificación es utilizada por un mayor número de participantes (4, 5 y 9) en la navegación hacia la meta que en la navegación hacia pistas (tablas 12 y 14).

7.1.2.4. Orientación

La NavVal-PE establece criterios para establecer si se utiliza un tipo de relación Egocéntrica, Alocéntrica, Ambas o se mantiene duda. Tales criterios incluyen la presencia de variables de las Unidades de Análisis “Percepción”, “Herramientas” y “Funciones/procesos” expresados en cada turno por los participantes (tabla 15).

Tabla 15.
Relaciones espaciales utilizadas durante ambos turnos (pista y meta)

Participante	Relación Espacial				Turnos Requeridos
	Ego	Alo	Ambos	?	
1	20	2	0	0	22
2	10	1	0	0	12
3	11	0	0	0	11
4	12	3	2	1	18
5	0	24	1	0	25
6	11	3	0	0	14
7	13	0	0	0	13
8	22	2	2	0	26
9	32	0	2	0	34
10	3	5	0	0	8

Nota: Se observa que la Relación espacial más utilizada en la mayoría de los participantes, es la Egocéntrica. En segundo lugar está la relación espacial Alocéntrica, y en tercer lugar los casos en que se utilizaron ambas relaciones. Cabe notar que en uno de los turnos, no fue posible identificar el tipo de relación espacial utilizada por el participante 4, dado que no cubría los requisitos de la relación espacial Egocéntrica ni Alocéntrica. En la columna final se indica una columna en donde se muestran los turnos que cada participante realizó navegando (Turnos Req).

La mayoría de los participantes se apoyan predominantemente en el uso de relaciones espaciales egocéntricas, excepto en el caso de la participante 5, quien en su mayoría se apoya en el uso de relaciones alocéntricas. Los participantes 3 y 7 realizan la tarea apoyándose exclusivamente de relaciones espaciales egocéntricas. El resto de los participantes lograron alternar el uso de las relaciones espaciales alocéntricas, volviendo a utilizar relaciones espaciales egocéntricas. En el caso de los participantes 2, 4, 5, 8, y 9, se observó que en algunos de los turnos, los participantes utilizaron ambas relaciones espaciales. Ello ocurrió en los turnos que debían encontrar la ubicación de la meta, a partir de la información brindada para que se orientara, aunque en tales turnos también se respondió con base en relaciones espaciales egocéntricas como alocéntricas. Y finalmente el turno ocho del participante 4, no fue posible identificar el tipo de relación establecida para brindar la respuesta, siendo probable que la respuesta fuese dada al azar debido a la distracción del participante durante este turno (tabla 15).

Tabla 16
Relaciones espaciales utilizadas durante los turnos pista

Participante	Relación Espacial			Turnos R
	Ego	Alo	Ambas	
1	14	1	0	16
2	4	0	0	6
3	6	0	0	6
4	9	2	0	12
5	0	17	0	17
6	6	1	0	7
7	8	0	0	8
8	10	2	1	13
9	22	0	0	22
10	3	3	0	6

Nota: El patrón de preferencia por tipo de relación, muestra que en 8 de los 10 participantes se utiliza una relación espacial Egocéntrica. Solamente la participante 5 prefiere la relación espacial Alocéntrica y en el participante 10, se observa igual preferencia por ambos tipos de relaciones en los Turnos en que debía dirigirse hacia una pista. En la columna final se indica una columna en donde se muestran los turnos que cada participante realizó navegando (Turnos Req).

En el caso del análisis por tipo de Turno, el patrón es muy semejante. En Ambos Turnos (Pista y Meta), el 80% de los participantes se apoyaron predominantemente de relaciones espaciales Egocéntricas (tablas 16 y 17). El 10% en relaciones Alocéntricas (Turnos Pista y Meta), lo cual fue realizado por la única mujer del grupo (participante 5). Y solo en un 10% (participante 10), se observó que en el Turno Pista se apoyó de igual manera de relaciones espaciales Egocéntricas como Alocéntricas (ver tabla 16). Mientras que en los Turnos Meta, utilizó exclusivamente las relaciones espaciales Alocéntricas (ver tabla 17).

Tabla 17.
Relaciones espaciales utilizadas durante los turnos meta

Participante	Relación Espacial			Turnos R
	Ego	A lo	Am bas	
1	6	1	0	6
2	6	1	0	6
3	5	0	0	5
4	3	1	2	6
5	0	7	1	8
6	5	2	0	7
7	5	0	0	5
8	12	0	1	13
9	10	0	2	12
10	0	2	0	2

Nota: El patrón de preferencia es muy semejante en los Turnos Meta al de los Turnos Pista. Nuevamente son los participantes 5 y 10 quienes muestran un patrón distinto al de la mayoría del grupo. La participante 5 nuevamente muestra preferencia por las relaciones espaciales alocéntricas, mientras que el participante 10, sí se observa un cambio. A diferencia de los Turnos Pista, en los Turnos Meta solo se apoyó de Relaciones Alocéntricas. En la columna final se indica una columna en donde se muestran los turnos que cada participante realizó navegando (Turnos R).

7.1.3. Análisis del error en la NavVal-PE

A partir de la descripción de errores observados en la ejecución de todos los participantes, se identificaron los errores que se describen en la tabla 18. Se identificaron los errores cometidos por cada participante, así como el número de turnos en que se presentó tal error. El error cometido por mayor número de participantes (6 participantes) fue el error en planeación (Rv) debido a el uso exclusivo de rutas directas y no a partir del rodeo o reversión. El siguiente error cometido por mayor número de participantes (5), fue distracción (Dtr), seguido del error Dead Reckoning (4 participantes). Los errores por distracción de la tarea ante la presencia de estereotipias cognitivas y/o motoras (Des), de conteo (C), desorientación al establecer equivalencia entre nociones espaciales centradas en el participante y los puntos cardinales cuando el avatar y el participante permanecen estáticos (DE) como ante el desplazamiento del avatar (DD), olvido de ubicaciones meta seleccionadas previamente que eran equivocadas (MN), como la dificultad para respetar las reglas de la tarea, fueron cometidos por 3 participantes. Errores en Atención Selectiva (AS), focalización en la tarea (Foc), así como debido a la habituación en el uso de rutas anteriores a pesar de que verbalmente el participante decidió realizar otra ruta (H), fueron observados en 2 participantes. La dificultad para mantener el objetivo de la tarea (M), Fatiga (F) y para extrapolar la distancia indicada en los datos a unidades de desplazamiento en la maqueta (ED), se cometieron por 1 participante. El análisis de errores considera aquellos cometidos en ambos tipos de navegación, hacia pista o meta.

Tabla 18
Errores por participante

Participante	AS	C	DR	DD	DE	Des	Dtr	ED	F	Foc	H	M N	M	R	Rv
1	2	3	3	2	1	3	6	9	1	7	1	0	0	9	13
2	0	0	0	1	0	4	0	0	0	3	0	0	1	2	1
3	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2
5	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
6	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
7	2	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2
9	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	1
Frecuencia Participantes	2	3	4	3	3	3	5	1	1	2	2	3	1	3	6

Nota. Cantidad de turnos en que cada participante cometió alguno de los errores observados. En la fila final, se presenta un conteo de la cantidad de participantes que cometieron el tipo de error indicado; no se trata de una sumatoria de cantidad de errores. Los errores posibles incluyen: Atención Selectiva (AS), Conteo (C), Dead Reckoning (DR), Desorientación Dinámica (DD), Desorientación Estática (DE), Distracción por Estereotipias (Des), Distracción (Dtr), Extrapolación Distancia (ED), Fatiga (F), Focalización (Foc), Habitación (H), Memoria Navegación (MN), Meta (M), Reglas (R), Reversión (Rv).

7.2. Análisis de Valores Discrepantes (outliers) y Correlaciones.

7.2.1. Análisis de valores discrepantes en Funciones y Procesos (Percepción, Motricidad, Funcionamiento Ejecutivo y Memoria) medidos con la ENI.

El análisis de los percentiles discrepantes de la Percepción, Funciones y Procesos cognitivos, medidas a partir de los dominios y subdominios de la ENI, se observa que el desempeño del participante 2 fue discrepante Fluidez de Diseño, que forma parte de las Funciones Ejecutivas, la cual fue medida con la subescala Fluidez Gráfica (D_FE_FG), . Su desempeño fue el más alto del grupo (ver tabla 19). Para más información de las abreviaciones ver el anexo A.

Tabla 19.

Análisis outliers con prueba de Grubbs de Percentiles obtenidos en los dominios y subdominios de la ENI.

Dominio/Subdominio	Part VD	Dominio/Subdominio	Part VD
D_CCP	-	D_Mvis	-
D_HG	-	D_MEEA	-
D_PT	-	D_EEVis	-
D_Pvis	-	D_HabEsp	-
D_PA	-	D_FE_FF	-
D_MVA	-	D_FE_FG	2 Mayor

Nota: Nivel de significancia 0.05 (bilateral-dos colas); valor crítico Z 2.2899478331. En todas las escalas se analizaron 10 observaciones. Si algún participante obtuvo una calificación cuyo Valor fue Discrepante (la puntuación más alta o la más baja del grupo), el valor fue indicado en la columna Part VD, señalando el número del participante y el sentido de la discrepancia (puntuación mayor o menor). Los Dominios y subdominios analizados fueron: Construcción con Palillos (D_CCP), Habilidades Gráficas (D_HG), Percepción Táctil (D_PT), Percepción Visual (D_PVis), Percepción Auditiva (D_PA), Memoria Verbal Auditiva (D_MVA), Memoria Visual (D_MVis), Evocación de Estímulos Auditivos (DMEEA), Evocación de Estímulos Visuales (D_EEVis), Habilidades Espaciales (D_HabEsp), Fluidez Verbal (D_FE_FF), Fluidez Gráfica (D_FE_FG). Se presenta valor discrepante en el Dominio D_FE_FG.

7.2.2. Análisis de valores discrepantes entre habilidades Motoras, Perceptuales, Memoria, Habilidades Espaciales y Funcionamiento Ejecutivo, medidos con la ENI.

Al realizar el análisis de los percentiles discrepantes de subescalas aplicadas de la Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI), únicamente dos valores presentaron valores discrepantes. El participante 2 obtuvo el puntaje más alto del grupo, en la subescala Dibujo de la Figura Humana (FH). Esta subescala pertenece al dominio Habilidades Construccionales (H_C). También el

participante 9 obtuvo una alta puntuación, que fue discrepante con respecto al grupo, en la subescala Recuerdo de una Historia (RH). Tal subescala pertenece al dominio Memoria Codificación (H_MC). En el resto de las subescalas no se observaron valores discrepantes (ver tabla 20). Para más información de las abreviaciones ver el anexo A.

Tabla 20.

Análisis outliers con prueba de Grubbs de percentiles obtenidos en las subescalas Construccionales, Perceptuales, Memoria Codificación, Memoria Evocación, Habilidades Espaciales y Funciones Ejecutivas de la ENI.

Dominio/Subdominio	Subescala	Part VD	Subescala	Part VD
Hab Const (H_C)	D_CCP	-	CF	
	FH*	2	CFC	
		mayor		
Hab Perc (H_P)	TD	-	VRE	-
	TI	-	VIO	-
	VIS	-	ANM	-
	VIB	-	ASA	-
	VCV	-	AF	-
Mem Cod (H_MC)	LP	-	LF	-
	RH*	9		
		mayor		
Mem Evo (H_ME)	RELP	-	RFC	-
	RLPC	-	RELP	-
	RVA	-	RLFC	-
	ERH	-	Rvis	-
Hab Es (D_HabEsp)	CMDI	-	OL	-
	EXDI	-	UC	-
	DAD	-		
Fun Ejec (H_FE)	FSF	-	FCPTE	-
	FSA	-	FCNC	-
	FF	-	FCCMO	-
	FGS	-	FCNRP	-
	FGNS	-	FCPRP	-
	FCEA	-	PODC	-
	FCRC	-	PONMR	-
	FCPRC	-	PODCMM	-
FCTE	-			

Nota: Nivel de significancia 0.05 (bilateral-dos colas); valor crítico Z 2.2899478331. En todas las escalas se analizaron 10 observaciones. Si algún participante obtuvo una calificación cuyo Valor fue Discrepante (la puntuación más alta o la más baja del grupo), el valor fue indicado en la columna Part VD, señalando el número del participante y el sentido de la discrepancia (puntuación mayor o menor). Las subescalas que conforman el dominio Habilidades Construccionales (H_C): Construcción con Palillos (D_CCP); Dibujo de la Figura Humana (FH); Copia de figuras (CF); Copia de la Figura Compleja (CFC). Se presenta valor discrepante en la subescala FH. Las subescalas que conforman el dominio Habilidades Perceptuales (H_P) son: Percepción Táctil, Percepción Visual y Auditiva. Las subescalas comprendidas en el subdominio Percepción Táctil, son: Mano Derecha (TD); Mano Izquierda (TI). Las subescalas comprendidas en el subdominio Percepción Visual son: Imágenes superpuestas (VIS);

Imágenes Borrosas (VIB); Cierre visual (VCV); Reconocimiento de expresiones (VRE); Integración de Objetos (VIO). Las subescalas que componen el subdominio Percepción Auditiva, son: Notas Musicales (ANM); Sonidos Ambientales (ASA); Fonémica (AF). En ninguna subescala se presentaron valores discrepantes. Las subescalas que conforman el dominio Memoria Codificación (H_MC), son: Lista de Palabras (LP); Recuerdo de una Historia (RH); Lista de Figuras (LF). En estas subescalas, presentó valor discrepante en la subescala RH. Las subescalas que conforman el dominio Memoria Evocación (H_ME) son: Recobro Espontáneo de la Lista de Palabras (RELP); Recobro por Claves (RLPC); Reconocimiento Verbal-Auditivo (RVA); Recuperación de una Historia (ERH); Recobro de la figura compleja (RFC); Recobro espontáneo de la lista de figuras (RLFC); Reconocimiento Visual (Rvis). Las subescalas que conforman el dominio Habilidades Espaciales (D_HabEsp) son: Comprensión Derecha Izquierda (CMDI); Expresión Derecha Izquierda (EXDI); Dibujos desde ángulos diferentes (DAD); Orientación de Líneas (OL); Ubicación de Coordenadas (UC). Las subescalas que conforman el dominio Funciones Ejecutivas (H_FE) son: Fluides Semántica Frutas (FSF); Fluidez Semántica Animales (FSA); Fluidez Fonémica (FF); Fluidez Gráfica Semántica (FGS); Fluidez Gráfica No Semántica (FGNS). El subdominio Flexibilidad Cognoscitiva, comprende las subescalas Número de Ensayos Administrados (FCEA); Total de Respuestas Correctas (FCRC); Porcentaje de Respuestas Correctas (FCPRC); Total de Errores (FCTE); Número de Categorías (FCNC); Capacidad para Mantener la Organización (FCCMO); Número de Respuestas Perseverativas (FCNRP) y Porcentaje de Respuestas Perseverativas (FCPRP). El subdominio Planeación y Organización está conformado por las subescalas Diseños Correctos (PODC); Número de Movimientos Realizados (PONMR) y Diseños Correctos con el número Mínimo de Movimientos (PODCMM).

7.2.3. Análisis de valores discrepantes en Comprensión Verbal, Razonamiento

Perceptual, Velocidad de Procesamiento y Memoria de Trabajo (Índices Compuestos) de la Escala de Inteligencia Wechsler.

No se presentaron valores discrepantes entre los participantes en Comprensión Verbal, Razonamiento Perceptual, Velocidad de Procesamiento, Memoria de Trabajo, medidas con las puntuaciones compuestas de la escala de inteligencia WISC IV, lo cual se observa en la tabla 21. Para más información de las abreviaciones ver el anexo B.

Tabla 21.

Análisis outliers con prueba de Grubbs de percentiles obtenidos en las puntuaciones compuestas de la escala Wechsler de Inteligencia para Niños IV.

Dominio/Subdominio	Part VD	Dominio/Subdominio	Part VD
ICV	No	IVP	No
IRP	No	CIT	No
IMT	No		No

Nota: Nivel de significancia 0.05 (bilateral-dos colas); valor crítico $Z 2.2899478331$. En todas las escalas se analizaron 10 observaciones. La columna Part VD designa la presencia o ausencia (No) de puntuaciones discrepantes obtenidas por los participantes. Los Índices Compuestos que conforman la Escala de Inteligencia Wechsler WISC IV, son: Índice de Comprensión Verbal (ICV); Índice de Razonamiento Perceptual (IRV); Índice de Memoria de Trabajo (IMT); Índice de Velocidad de Procesamiento (IVP); Coeficiente Intelectual Total (CIT). No se observaron valores discrepantes.

7.2.4. Correlación entre Funciones y Procesos (Percepción, Motricidad, Memoria y Funcionamiento Ejecutivo), con la habilidad de Comprender instrucciones verbales para la Navegación (CMDI). Percentiles ENI.

El análisis realizado, se observó tres correlaciones estadísticamente significativas ($p < 0.05$) con la subescala Comprensión Derecha-Izquierda (CMDI), que indica la Habilidad para comprender indicaciones para seguir una ruta. Los dominios y subdominios que presentaron tales correlaciones fueron: Percepción Táctil (D_PT) con una correlación de 0.79, Percepción Visual (D_PVis) con una correlación de 0.66; y las Habilidades Espaciales (D_HabEsp), con una correlación de 0.74 (ver tabla 22). El resto de los dominios y subdominios no presentaron una correlación estadísticamente significativa.

Tabla 22.
Análisis de correlaciones con prueba Rho Spearman entre CMDI con los Dominios y Subdominios de la ENI.

Dominio/Subdominio	R	Dominio/Subdominio	R
D_CCP	0.5377	D_Mvis	0.1801
D_HG	0.4536	D_MEEA	0.4041
D_PT	*0.7953	D_EEVis	0.1535
D_Pvis	*0.6681	D_HabEsp	*0.7422
D_PA	0.6163	D_FE_FF	0.1988
D_MVA	0.2415	D_FE_FG	0.2295

Nota: $P = < 0.05$ (dos colas); en todas las escalas se analizaron 10 observaciones. Nota: Nivel de significancia 0.05 (bilateral-dos colas). En todas las escalas se analizaron 10 observaciones. Los Dominios y subdominios analizados fueron: Construcción con Palillos (D_CCP), Habilidades Gráficas (D_HG), Percepción Táctil (D_PT), Percepción Visual (D_PVis), Percepción Auditiva (D_PA), Memoria Verbal Auditiva (D_MVA), Memoria Visual (D_MVis), Evocación de Estímulos Auditivos (DMEEA), Evocación de Estímulos Visuales (D_EEVis), Habilidades Espaciales (D_HabEsp), Fluidez Verbal (D_FE_FF), Fluidez Gráfica (D_FE_FG). Para más información de las abreviaciones ver el anexo A.

7.2.5. Correlación entre habilidades Motoras, Perceptuales, Memoria, Habilidades Espaciales y Funcionamiento Ejecutivo, con la habilidad de Comprender instrucciones verbales para la Navegación (CMDI). Puntuaciones Percentil ENI.

Al analizar las subescalas que conforman que conforman los dominios que evalúan habilidades motoras, perceptuales, memoria, habilidades y funcionamiento ejecutivo, se encontraron correlaciones estadísticamente significativas ($p < 0.05$) mediante la prueba R de spearman. La habilidad para comprender instrucciones verbales para navegar (CMDI), mostró una correlación de 0.79 con Habilidad de Reconocimiento Háptico con la mano Derecha (TD). Esta misma fuerza de correlación ($r = 0.79$) se presentó con las habilidades de reconocimiento háptico con la mano izquierda (TI). Así también correlacionó con habilidades visuales para realizar cierre visual (VCV) con un índice de 0.64, y con la habilidad para integrar objetos (VIO) con un valor r de spearman de 0.74. También mostró una correlación de 0.68 con la habilidad para distinguir ángulos desde diferentes perspectivas (DAD), tal como se observa en la Tabla 23.

Tabla 23.

Análisis de correlaciones con prueba Rho Spearman entre CMDI y las subescalas de los dominios Habilidades Motoras, Perceptuales, Memoria, Habilidades Espaciales y Funcionamiento Ejecutivo medidos con la ENI.

Dominio/Subdominio	Subescala	R	Subescala	R
Hab Const (H_C)	D_CCP	0.5377	CF	0.3037
	FH	0.2252	CFC	0.3922
Hab Perc (H_P)	TD	*0.7953	VRE	0.3584
	TI	*0.7953	VIO	
				*0.7481
	VIS	0.4614	ANM	0.3269
	VIB	0.09448	ASA	-
	VCV	*0.6466	AF	0.02557
Mem Cod (H_MC)	LP	0.4131	LF	0.1801
	RH	-0.1705		
Mem Evo (H_ME)	RELP	0.4494	RFC	-
				0.02582
	RLPC	0.5626	RELP	0.3261
	RVA	0.4351	RLFC	0.3185
	ERH	0.2161	Rvis	-
				0.02573
Hab Es (D_HabEsp)	EXDI	0.5808	OL	0.5621
	DAD	*0.6841	UC	0.5228
Fun Ejec (H_FE)	FSF	0.306	FCPTE	0.295
	FSA	0.5722	FCNC	-
				0.05115
	FF	0.4797	FCCMO	-0.398
	FGS	0.006414	FCNRP	0.1886
	FGNS	0.0193	FCPRP	0.3635
	FCEA	-0.2721	PODC	0.4689
	FCRC	0.6228	PONMR	0.0737
				6
	FCPRC	0.2445	PODCMM	0.2494
	FCTE	-0.3259		

Nota. $P \leq 0.5$ (dos colas); en todas las escalas se analizaron 10 observaciones. El dominio Habilidades Construccionales (H_C) está compuesto por las subescalas: Construcción con Palillos (D_CCP), Dibujo de la Figura Humana (FH); Copia de figuras (CF); Copia de la Figura Compleja (CFC). El dominio Habilidades Perceptuales (H_P) comprende tres subdominios: Percepción Táctil, Percepción Visual y Auditiva. Las subescalas comprendidas en el subdominio Percepción Táctil, son: Mano Derecha (TD); Mano Izquierda (TI). Las subescalas comprendidas en el subdominio Percepción Visual son: Imágenes sobrepuestas (VIS); Imágenes Borrosas (VIB); Cierre visual (VCV); Reconocimiento de expresiones (VRE); Integración de Objetos (VIO). Las subescalas que componen el

subdominio Percepción Auditiva, son: Notas Musicales (ANM); Sonidos Ambientales (ASA); Fonémica (AF). Las subescalas que conforman el dominio Memoria Codificación (H_MC) son: Lista de Palabras (LP); Recuerdo de una Historia (RH); Lista de Figuras (LF). Las subescalas que conforman el dominio Memoria Evocación (H_ME) son: Recobro Espontáneo de la Lista de Palabras (RELP); Recobro por Claves (RLPC); Reconocimiento Verbal-Auditivo (RVA); Recuperación de una Historia (ERH); Recobro de la figura compleja (RFC); Recobro espontáneo de la lista de figuras (RLFC); Reconocimiento Visual (Rvis). Las subescalas que conforman el dominio Habilidades Espaciales (D_HabEsp) son: Comprensión Derecha Izquierda (CMDI); Expresión Derecha Izquierda (EXDI); Dibujos desde ángulos diferentes (DAD); Orientación de Líneas (OL); Ubicación de Coordenadas (UC). Las subescalas que conforman el dominio Funciones Ejecutivas (H_FE) son: Comprensión Derecha Izquierda (CMDI); Expresión Derecha Izquierda (EXDI); Dibujos desde ángulos diferentes (DAD); Orientación de Líneas (OL); Ubicación de Coordenadas (UC). Las subescalas que conforman el dominio Funciones Ejecutivas (H_FE) son: Fluidez Semántica Frutas (FSF), fluidez semántica animales (FSA), Fluidez Fonémica (FF), fluidez gráfica semántica (FGS), fluidez gráfica no semántica (FGNS), flexibilidad cognoscitiva ensayos administrados (FCEA), flexibilidad cognoscitiva respuestas correctas (FCRC), flexibilidad cognoscitiva porcentaje de respuestas correctas (FCPRC), flexibilidad cognoscitiva total de errores (FCTE), flexibilidad cognoscitiva porcentaje de errores (FCPTE), flexibilidad cognoscitiva número de categorías (FCNC), flexibilidad cognoscitiva capacidad para mantener la organización (FCCMO), flexibilidad cognoscitiva respuestas perseverativas (FCNRP), flexibilidad cognoscitiva porcentaje de respuestas perseverativas (FCPRP), planeación y organización diseños correctos (PODC), planeación y organización número de movimientos realizados (PONMR) y planeación y organización diseño correcto con el mínimo de movimientos (PODCMM). Para más información de las abreviaciones ver el anexo A.

7.2.6. Correlación entre Comprensión Verbal, Razonamiento Perceptual,

Velocidad de Procesamiento y Memoria de Trabajo (WISC IV), con la habilidad de

Comprender instrucciones verbales para la Navegación (CMDI) medida con la ENI.

Al analizar los coeficientes de correlación entre la Comprensión de Indicaciones Verbales para la Navegación a Pequeña Escala con la Comprensión Verbal, Razonamiento Perceptual, Velocidad de Procesamiento y Memoria de Trabajo.

Tabla 24.

Correlaciones con prueba Rho Spearman entre Comprensión Derecha Izquierda (CMDI) y las Puntuaciones Compuestas de la escala WISC IV

Indice Compuesto	R	Indice Compuesto	R
ICV	0.511547	IVP	0.490804
IRP	0.403518	CIT	0.589603
IMT	0.240508		

Nota: alfa = 0.05 (dos colas $P \leq 0.05$). Índice de comprensión verbal (ICV); Índice de razonamiento perceptual (IRP); Índice de Memoria de Trabajo (IMT); Índice de Velocidad de Procesamiento (IVP); Coeficiente Intelectual Total (CIT). No existen correlaciones estadísticamente significativas. Para más información de las abreviaciones ver el anexo B

Este análisis fue realizado utilizando las puntuaciones percentil de la subescala Comprensión Derecha Izquierda (CMDI) y las puntuaciones compuestas de la escala de inteligencia WISC IV. Podemos notar que no existen correlaciones estadísticamente significativas (Tabla 24).

7.2.7. Correlación Funciones y Procesos (Percepción, Motricidad, Memoria y Funcionamiento Ejecutivo), con la habilidad de dirigir la navegación mediante el habla (EXDI). Puntuaciones Percentil ENI.

En la tabla 25 se muestran los coeficientes de correlación del uso del Habla para dirigir la Navegación a Pequeña escala, medida utilizando la subescala Expresión Derecha Izquierda (EXDI), con los percentiles obtenidos en los dominios y subdominios que miden Percepción, Motricidad, Memoria y Funcionamiento Ejecutivo con la ENI. Podemos notar que no existen correlaciones estadísticamente significativas.

Tabla 25.
Análisis de correlaciones con prueba r Spearman entre EXDI con los Dominios y Subdominios de la ENI.

Dominio/Subdominio	R	Dominio/Subdominio	R
D_CCP	0.2205	D_Mvis	-0.1066
D_HG	0.3699	D_MEEA	0.1375
D_PT	0.5167	D_EEVis	0.2928
D_Pvis	0.04362	D_HabEsp	0.4748
D_PA	0.01258	D_FE_FF	0.09375
D_MVA	0.06502	D_FE_FG	-0.3579

Nota: $P \leq 0.5$ (dos colas); en todas las escalas se analizaron 10 observaciones. Nota: Nivel de significancia 0.05 (bilateral-dos colas). En todas las escalas se analizaron 10 observaciones. Los Dominios y subdominios analizados fueron: Construcción con Palillos (D_CCP), Habilidades Gráficas (D_HG), Percepción Táctil (D_PT), Percepción Visual (D_PVis), Percepción Auditiva (D_PA), Memoria Verbal Auditiva (D_MVA), Memoria Visual (D_MVis), Evocación de Estímulos Auditivos (DMEEA), Evocación de Estímulos Visuales (D_EEVis), Habilidades Espaciales (D_HabEsp), Fluidez Verbal (D_FE_FF), Fluidez Gráfica (D_FE_FG). Para más información sobre las abreviaciones ir al anexo A.

7.2.8. Correlación entre habilidades Motoras, Perceptuales, Memoria, Habilidades Espaciales y Funcionamiento Ejecutivo, con la habilidad de dirigir la navegación mediante el habla (EXDI). Puntuaciones Percentil ENI.

Al analizar las subescalas que conforman que conforman los dominios que evalúan habilidades motoras, perceptuales, memoria, habilidades y funcionamiento ejecutivo, se encontraron correlaciones estadísticamente significativas ($p < 0.05$) mediante la prueba R de spearman con dos subescalas del dominio Funcionamiento Ejecutivo (H_FE). Se obtuvo un valor R de 0.64 para la subescala Flexibilidad Cognoscitiva Porcentaje de Respuestas Correctas (FCPRC) y una correlación inversamente proporcional (-0.65) para la subescala Flexibilidad cognoscitiva Porcentaje de errores (ver tabla 26).

Tabla 26.

la ENI.

Análisis de correlaciones con prueba Rho Spearman entre EXDI y las subescalas de los dominios Habilidades Motoras, Perceptuales, Memoria, Habilidades Espaciales y Funcionamiento Ejecutivo medidos con la ENI.

Dominio/Subdominio	Subescala	R	Subescala	R
Hab Const (H_C)	D_CCP	0.2205	CF	0.3925
	FH	0.4326	CFC	0.2484
Hab Perc (H_P)	TD	0.5167	VRE	-0.2699
	TI	0.5167	VIO	0.4175
	VIS	-0.1164	ANM	-0.2429
	VIB	-0.07937	ASA	-
	VCV	0.21	AF	0.07165 0.04375
Mem Cod (H_MC)	LP	0.06193	LF	-0.1066
	RH	0.05329		
Mem Evo (H_ME)	RELP	0.03106	RFC	0.00943 4
	RLPC	0.2897	RELP	0.4175
	RVA	0.5	RLFC	0.1724
	ERH	0.257	Rvis	-0.0721
Hab Es (D_HabEsp)	CMDI	0.5808	OL	0.08918
	DAD	0.5483	UC	0.1918
Fun Ejec (H_FE)	FSF	0.01553	FCPTE	*-0.65
	FSA	0.06542	FCNC	0.1745
	FF	-0.00893	FCCMO	-0.4392
	FGS	-0.4688	FCNRP	0.2679
	FGNS	-0.326	FCPRP	0.3793
	FCEA	-0.4122	PODC	0.2141
	FCRC	0.5786	PONMR	0.525
	FCPRC	*0.6458	PODCMM	0.3863
	FCTE	0.239		

Nota. $P \leq 0.5$ (dos colas); en todas las escalas se analizaron 10 observaciones. El dominio Habilidades Construccionales (H_C) está compuesto por las subescalas: Construcción con Palillos (D_CCP), Dibujo de la Figura Humana (FH); Copia de figuras (CF); Copia de la Figura Compleja (CFC). El dominio Habilidades Perceptuales (H_P) comprende tres subdominios: Percepción Táctil, Percepción Visual y Auditiva. Las subescalas comprendidas en el subdominio Percepción Táctil, son: Mano Derecha (TD); Mano Izquierda (TI). Las subescalas comprendidas en el subdominio Percepción Visual son: Imágenes sobrepuestas (VIS); Imágenes Borrosas (VIB); Cierre visual (VCV); Reconocimiento de expresiones (VRE); Integración de Objetos (VIO). Las subescalas que componen el subdominio Percepción Auditiva, son: Notas Musicales (ANM); Sonidos Ambientales (ASA); Fonémica (AF). Las subescalas que conforman el dominio Memoria Codificación (H_MC) son: Lista de Palabras (LP); Recuerdo de una Historia (RH); Lista de Figuras (LF). Las subescalas que conforman el dominio Memoria Evocación (H_ME) son: Recobro Espontáneo de la Lista de Palabras (RELP); Recobro por Claves (RLPC); Reconocimiento Verbal-Auditivo (RVA); Recuperación de una Historia (ERH); Recobro de la figura compleja (RFC); Recobro espontáneo de la lista

de figuras (RLFC); Reconocimiento Visual (Rvis). Las subescalas que conforman el dominio Habilidades Espaciales (D_HabEsp) son: Comprensión Derecha Izquierda (CMDI); Expresión Derecha Izquierda (EXDI); Dibujos desde ángulos diferentes (DAD); Orientación de Líneas (OL); Ubicación de Coordenadas (UC). Las subescalas que conforman el dominio Funciones Ejecutivas (H_FE) son: Comprensión Derecha Izquierda (CMDI); Expresión Derecha Izquierda (EXDI); Dibujos desde ángulos diferentes (DAD); Orientación de Líneas (OL); Ubicación de Coordenadas (UC). Las subescalas que conforman el dominio Funciones Ejecutivas (H_FE) son: Fluidez Semántica Frutas (FSF), fluidez semántica animales (FSA), Fluidez Fonémica (FF), fluidez gráfica semántica (FGS), fluidez gráfica no semántica (FGNS), flexibilidad cognoscitiva ensayos administrados (FCEA), flexibilidad cognoscitiva respuestas correctas (FCRC), flexibilidad cognoscitiva porcentaje de respuestas correctas (FCPRC), flexibilidad cognoscitiva total de errores (FCTE), flexibilidad cognoscitiva porcentaje de errores (FCPTE), flexibilidad cognoscitiva número de categorías (FCNC), flexibilidad cognoscitiva capacidad para mantener la organización (FCCMO), flexibilidad cognoscitiva respuestas perseverativas (FCNRP), flexibilidad cognoscitiva porcentaje de respuestas perseverativas (FCPRP), planeación y organización diseños correctos (PODC), planeación y organización número de movimientos realizados (PONMR) y planeación y organización diseño correcto con el mínimo de movimientos (PODCMM). Para más información de las abreviaciones ver el anexo A.

7.2.9. Correlación entre Comprensión Verbal, Razonamiento Perceptual, Velocidad de Procesamiento y Memoria de Trabajo (WISC IV) con la habilidad para dirigir la Navegación mediante el Habla medida con la ENI.

En la tabla 27 se muestran los coeficientes de correlación entre el Habla para dirigir la Navegación a Pequeña Escala con la Comprensión Verbal, Razonamiento Perceptual, Velocidad de Procesamiento y Memoria de Trabajo. Tal análisis fue realizado utilizando las puntuaciones percentil de la subescala Expresión Derecha Izquierda (EXDI) con las puntuaciones compuestas de la escala de inteligencia WISC IV. Podemos notar que existe una correlación estadísticamente significativas con la Comprensión Verbal medida con el índice de comprensión verbal (ICV). La fuerza de la correlación es alta ($r = 0.81$) y directamente proporcional.

Tabla 27.

Análisis de correlaciones con prueba Rho Spearman entre EXDI y las subescalas Habilidades Construccionales de la ENI.

Indice Compuesto	R	Indice Compuesto	R
ICV	* 0.817435	IVP	0.344747
IRP	0.371562	CIT	0.478298
IMT	0.24063		

Nota: $P \leq 0.5$ (dos colas); en todas las escalas se analizaron 10 observaciones. Índice de comprensión verbal (ICV); Índice de razonamiento perceptual (IRP); Índice de Memoria de Trabajo (IMT); Índice de Velocidad de Procesamiento (IVP); Coeficiente Intelectual Total (CIT). Existe una correlación directamente proporcional entre el desempeño en la subescala Expresión Derecha-Izquierda y el ICV. Para más información de las abreviaciones ver el anexo B.

8. Discusión

El objetivo general de esta tesis es caracterizar el papel de las variables vinculadas a la navegación, en un grupo de niños con TEA. Con respecto a este objetivo general, podemos iniciar diciendo que se encuentra gran heterogeneidad en la ejecución entre los participantes, pero a pesar de ello también se observan características compartidas por la mayor parte de ellos. Es a partir de estas concordancias en el uso eficiente como dificultades, que se proponen hipótesis de funcionalidad y defecto. Tal objetivo fue perseguido considerando tres objetivos específicos. Tales objetivos conllevaron a realizar una descripción de las variables implicadas en la navegación, y de los errores cometidos, utilizando la NavVal-PE (Zurita et al., en trámite); así como analizar la correlación entre habilidades, funciones y procesos cognitivos medidos con la ENI (Matute et al., 2007).

Antes de iniciar el análisis de tales objetivos, es pertinente indicar las características de los resultados obtenidos. Ello con la finalidad de delimitar el alcance de este estudio y el contexto desde el cual se discutieron los resultados. El alcance de los resultados descriptivos solo permiten establecer “hipótesis” neuroanatómicas. Ello debido a que los indicadores descriptivos registrados se cuantificaron tanto a partir de las observaciones obtenidas durante la aplicación de la tarea, como a partir de los videos de estas mismas sesiones. Así, las estructuras neuroanatómicas que se presentan en la discusión no son producto de estudios de imagen, EEG u otros instrumentos de medición que confirmen la implicación neuroanatómica. Las hipótesis neuroanatómicas aquí presentadas son establecidas con base a los hallazgos reportados en la literatura consultada, en las cuales se basan los indicadores que componen la NavVal-PE.

Así también, el registro de los indicadores de la NavVal-PE, se realizó a partir de la observación y videograbaciones. No se cuenta con medidas exactas respecto a dichos

indicadores, como por ejemplo la angulación y dirección de movimientos ocular, corporal y de cabeza, o bien la concordancia entre el movimiento del tronco y el movimiento angular y rotacional de la cabeza.

Aunado a ello la NavVal-PE implica el registro de “Funciones/Procesos” y “Herramientas”, con base en el reporte dado por los participantes respecto a la forma en que resuelven la tarea. Escapan a este análisis, las herramientas, funciones y procesos utilizados mentalmente y no reportados verbalmente por los participantes; así como el papel de otros indicadores para los cuales era necesario contar con equipo de medición fisiológico, por ejemplo el movimiento ocular para medir con mayor precisión la frecuencia del uso de claves taxonómicas en cada turno. Ello conlleva a un bajo control de estas variables, pero al mismo tiempo, dicho instrumento busca tener un panorama de los estilos de resolución de la tarea de navegación que ofrezca mayor validez ecológica.

Esta discusión integra los hallazgos obtenidos (descripción de variables, errores y correlaciones) en las unidades de análisis que agrupan las variables que inciden en la navegación. Por esta razón, se retoman tales unidades de análisis para cumplir el objetivo general de este trabajo: Caracterizar las variables que inciden en la tarea de navegación en esta población. La discusión de tales unidades de análisis es presentada a continuación.

8.1. Finalidad

Para la mayoría de los participantes, fue suficiente hacerles saber que obtendrían un reforzador significativo para cada uno, tras resolver la tarea. Lo cual indica que la selección de una recompensa con base en el historial de reforzamientos significativos, fue útil para identificar estímulos reforzadores a los cuales este grupo de niños con TEA fue sensible. Ello es una práctica recomendable para la selección de reforzadores en esta población, dada la baja respuesta

a reforzadores sociales (Gaigg y Bowler, 2007; Yrigollen et al., 2008) como también ante reforzadores elegidos por los investigadores en tareas de aprendizaje (Yu, Cheung y McAlonan, 2011; Rogers, McKimm, Dickson, Goldwitz, Blaha, Mittleman, 2013).

El modelo de reforzamiento utilizado durante la NavVal-PE es denominado “Dependiente de Reforzamiento”. En el mismo, la presencia de un reforzador es necesario para mantener la navegación, y para ello, es necesaria la activación de proyecciones del estriado dorsomedial al hipocampo (Khamessi y Humphries, 2012). La activación de ésta vía es dada por proyecciones dopaminérgicas del estriado dorsomedial hacia la corteza prefrontal, para mantener el objetivo de la tarea. Y la habilidad para mantenerse voluntariamente en ella para obtener el reforzador, implica la inactivación del estriado ventral (Khamessi y Humphries, 2012). Tales subsistemas son áreas de interés para analizar durante estudios que exploren el papel de distintos tipos de reforzadores en esta población.

Dos de los participantes (2 y 7) de este estudio, requirieron constantes recordatorios de la recompensa que obtendrían al llevar al avatar a la meta. El análisis de los subsistemas estriatales en tales casos permitiría identificar si los reforzadores presentados eran relevantes o bien, si la falla sería asociable a fallas en funcionamiento en los ganglios basales reportadas en los TEA (Rojas, Peterson, Winterrowd, Reite, Rogers, Tregellas, 2006), o bien a la afectación de conexiones dopaminérgicas (Rogers, McKimm, Dickson, Goldwitz, Blaha, Mittleman, 2013). Considerando ambas posibilidades, se plantea un análisis distinto de las fallas en el funcionamiento en estructuras basales en relación al papel de los reforzadores. En las cuales la selección del reforzador podría tener un papel importante en el sostenimiento de la actividad en esta población.

8.2. Percepción

El análisis mediante la prueba Rho de Spearman, permitió identificar correlación estadísticamente significativa entre las puntuaciones obtenidas en Comprensión Derecha-Izquierda con las subescalas Percepción Táctil con la mano Derecha ($r = 0.79$), Percepción táctil con la mano izquierda ($r = 0.79$), Percepción Visual Cierre Visual ($r = 0.64$), Percepción Visual Integración de Objetos ($r = 0.74$) y Habilidades Espaciales Dibujos desde Ángulos diferentes ($r = 0.68$). Tales correlaciones, permiten observar la relevancia de la percepción táctil bilateral y visual, en la Comprensión de Indicaciones Verbales para la Navegación a Pequeña Escala para esta población. Estos hallazgos son concordantes con los resultados descriptivos observados en la NavVal-PE, en la cual se observó que las claves taxonómicas eran primordialmente orientadas a partir de claves alotéticas visuales (A1), y en segundo lugar mediante claves táctiles (A3). A partir tanto de las correlaciones junto a la predominancia en el uso de tales claves perceptuales, podemos inferir que durante la navegación apoyada en claves alotéticas visuales, es de relevancia la participación de la vía ventral implicada en el reconocimiento visual que implica proyecciones occipitotemporales del fascículo longitudinal, entre la corteza estriada-preestriada con temporal inferior y estructuras límbicas que participan en el reconocimiento de objetos y diferenciación cualitativa entre los mismos (Mishkin, Ungerleider y Macko, 1983), proyecciones occipitotemporales del fascículo longitudinal inferior que participan en la discriminación del tamaño y ubicación de estímulos visuales (Milner, y Goodale, 2008) como también la unión temporoparietal-parietal inferior y corteza frontal ventral (incluyendo giros frontales inferior y medio) derechos (codificación de objetos y aspectos semánticos de objetos que se convierten en

puntos de referencia visuales (Sing-Curry y Hussain, 2009), así como sus conexiones recíprocas con las células de lugar hipocámpales para codificar claves alotéticas (Bird y Burgess, 2008).

La preferencia por la información táctil por su parte, conlleva a inferir la participación de la vía de las columnas dorsales y ventrales de la médula espinal (vías somatosensoriales ascendentes) (Munar et al., 2008), ínsula y sus proyecciones a la corteza somatosensorial primaria, y secundaria y parietal inferior (Peltier, Stilla, Mariola, LaConte, Hu, Sathian, 2007) en el desempeño en tareas de navegación. En los TEA se ha documentado una ineficiente transmisión de información visual (Vanderbroucke et al., 2008; Anagnostou y Taylor, 2011; Greenaway y Plaisted-Grant, 2013), lo cual podría explicar la razón por la cual las claves visuales y táctiles fueron las más utilizadas. El apoyo en claves podría ser una manera de compensar las fallas en el procesamiento de información visual, pero es necesario realizar estudios que avalen esta hipótesis.

En el presente estudio no se realizó un análisis de la combinación entre claves alotéticas. Sin embargo, es importante proponer que en el futuro se analice la combinación de claves visuales con táctiles dada la alta frecuencia de uso de ambos tipos de referencias en esta población. Este procesamiento conjunto, conllevaría a analizar la participación de células de Purkinje y su sinapsis con fibras paralelas. Células que participan en el reconocimiento información relevante para la tarea de navegación (Passot et al., 2012). La combinación tacto-vestibular podría ser una combinación modal relevante entre los participantes, ello podría ponerse a prueba utilizando laberintos actualmente utilizados en investigación básica, como los laberintos texturizados y con desniveles empleados por el grupo de Fox, Humphries, Mitchinson, Kiss y Somogyvari (2009).

En lo referente a uso de claves idiotéticas en la NavVal-PE, la información taxonómica (id1) fue la más utilizada. Para apoyarse en esta clave, se sabe que la información vestibular requiere

ser codificada mediante el movimiento activo de la cabeza. Así es como las personas calculan la posición de su propia cabeza con respecto a las coordenadas en el mundo. En este tipo de clave, los receptores vestibulares y cerebelo participan en la codificación (Rocheffort et al., 2013), junto con otros subsistemas como el sistema de células de cabeza, células de lugar (Bird y Burgess, 2008; Mosser, 2014); y parietal posterior (Hartley y Burgess, 2002). Los subsistemas celulares ubicados en temporal medial y parietal, tienen como función la orientación hacia las claves alotéticas, la formación de un recuerdo y mejorar la exactitud en la angulación de la cabeza hacia la clave alotética (Hartley y Burgess, 2002). Por ello, se infiere que tales sistemas cerebrales son relevantes para los participantes de este grupo.

La segunda clave idiotética de mayor preferencia durante la NavVal-PE fue la información práxica vestibular pasiva (id2) y la de menor uso fue la información práxica vestibular activa (id3). La inhibición de información del movimiento de la cabeza o del cuello durante la navegación, tiene como finalidad permitirle al participante ubicar su posición corporal dentro del espacio. Al ser la clave práxica vestibular pasiva (id2) la segunda clave preferida, se observa que los participantes se orientaban buscando mantener una postura estática, libre de rotaciones de cabeza o del cuello. Con lo cual los participantes evitan la clave praxica vestibular activa (id3), la cual requiere la inhibición de información de tales rotaciones para favorecer la orientación espacial, y cuya inhibición recluta células del cerebelo (Fox et al., 2009), puente y núcleos vestibulares (Cullen et al., 2011). Es posible que los participantes del grupo investigado eligieran preferente las claves taxonómicas (id1) y práxica vestibular pasiva (id2) porque en ellas solo debe procesarse la ubicación de la cabeza con respecto a las referencias del mundo o la ubicación del cuerpo, sin necesidad de inhibir la información de movimiento de la cabeza. En la literatura se ha reportado que las personas con TEA presentan fallas en el procesamiento visual del

movimiento (Oberman, Hubbard, McCleery, Altschuler, Ramachandran y Pineda,, 2005). Sin embargo poco se ha dicho respecto al procesamiento del movimiento de la propia cabeza o bien, de la inhibición de la señal de movimiento de la misma para lograr la ubicación del sí mismo en el espacio. Dada la poca frecuencia de la clave práxica vestibular activa, es recomendable analizar de subsistemas cerebrales participantes en ello, como son: las neuronas “VO1” ubicadas en el puente, debajo del cuarto ventrículo y los núcleos vestibulares, junto con la participación de regiones corticales y el núcleo fastigial rostral. En conjunto, tales subsistemas participan en la identificación de la posición de la cabeza en relación al eje vertical u horizontal del cuerpo, creando un modelo interno de estimación propioceptiva que permite comparar y corregir estimaciones respecto a la ubicación del sí mismo en el espacio (Cullen et al., 2011, Rochefort et al., 2013).

La baja frecuencia claves práxico vestibulares activas (id3) también plantea como hipótesis dos tipos de errores reportados en la literatura. Uno de ellos es la falla asociada a la saturación de información codificada de manera simultánea: los giros corporales (práxica) y el movimiento de la cabeza (vestibular activa). Tal error en la literatura ha sido denominado “de punto muerto” (Fox et al., 2009). El otro error, es asociado a fallas en la integración de claves práxicas y/o taxonómicas con la información vestibular, lo que posteriormente conlleva a un enlentecimiento en el aprendizaje de mapas espaciales (Passot et al., 2012).. En ambos errores, de punto muerto y fallas de integración, las fallas se asocia al procesamiento del cerebelo (Fox et al., 2009; Passot et al., 2012).

Otro subsistema asociado a las claves práxicas vestibulares pasivas (id2) son el estriado, que se activa ante las representaciones propioceptivas y motoras de movimientos estereotipados (Sukumar, Rengaswamy y Chakravarthy, 2012) y el cíngulo posterior derecho, que facilita la

identificación del sentido del giro (Moraleda, Romero y Cayetano, 2015). Dada la alta frecuencia en el uso de esta clave, la mayoría de los participantes podrían apoyarse en el procesamiento del estriado y cíngulo posterior derecho para navegar. Sin embargo, el alto uso de claves práctico vestibulares pasivas (id2) no garantiza una navegación más eficiente, solo describe la estrategia utilizada por este grupo. Además estudiar el papel que el estriado tiene en la navegación, es sugerible cuando se observa que el 60% de los participantes, presentaron errores asociados a un defecto en estriado: 20% presentaron errores dados al seguir una ruta habitual en lugar de la ruta planeada (error por Habitación) y 40% errores para alcanzar la meta debido a fallas acumuladas en diferentes turnos, al tener poca exactitud en la angulación del cuerpo al dar giros (error Dead Reckoning). Lo que plantearía como hipótesis el defecto de esta estructura, que conllevaría a comprender errores que se presentan tanto en la navegación, como también otros síntomas ejecutivos descritos en esta población, tales como: perseveraciones, dificultades en cambio atencional y fallas en planeación.

8.3. Medios-Herramientas

Entre las herramientas más utilizadas durante la NavVal-PE encontramos el Agarre (A) y los Gestos. El primero, es una de las herramientas más utilizadas (90%) durante la navegación hacia la meta; mientras que los Gestos transitivos y otros, fueron utilizados en segundo lugar de preferencia tanto en la navegación hacia la pista como hacia la meta. Goldenberg (2009) reporta que subsistemas izquierdos como frontal, giro angular, temporal superior e hipocampo, y subsistemas del hemisferio derecho se activan ante el uso de gestos transitivos. Utilizarlos también favorece el análisis de relaciones espaciales de manera implícita. Este análisis se apoya en las relaciones espaciales entre las partes del cuerpo con el objeto, utilizando tanto la organización espacial corporal como el significado de dicho gesto. El establecimiento de tales

relaciones espaciales implícitas es esperable durante el Agarre, en el cual la ubicación del objeto tomado se relaciona con la mano utilizada para sostenerlo. Sin embargo, en cada tipo de gesto, los subsistemas cerebrales documentados son distintos. El análisis de los subsistemas frontal inferior izquierdo (área adyacente a la ínsula) y parietal izquierdo (adyacente al giro precentral) (Goldenberg, 2009), permitirá analizar el papel de estas estructuras en el uso de gestos transitivos en esta población durante tareas de navegación. Mientras que el análisis de la actividad en la ruta parieto-premotora derecha (Kravitz et al., 2011) lo haría, para elucidar su papel en el uso del Agarre.

El papel del Habla como herramienta durante la navegación, mostró ser relevante en este grupo, resaltando la relación de la comprensión del habla, con su uso como herramienta para dirigir la navegación. Dicho uso, medido con la subescala Expresión Derecha-Izquierda de la ENI, mostró una correlación alta y directamente proporcional con el Índice de Comprensión Verbal ($r = 0.81$) de la escala Weschler WISC IV. Esta relación es esperada, pues en la subescala Expresión Derecha-Izquierda, el participante debía planear la ruta más eficiente y expresarla verbalmente para llegar a la meta. Tal dirección verbal demanda la comprensión de consignas que el participante dicta. En ese sentido, los datos obtenidos muestran que este grupo, mantiene semejanzas con la población típica, para quienes el lenguaje tiene gran relevancia en el establecimiento de relaciones espaciales aloécnicas, y el uso de nociones derecha o izquierda ya sea verbal o gestualmente. Observándose que los niños con desarrollo típico quienes no han adquirido tal habilidad, presentan dificultad en el establecimiento de relaciones espaciales (Haye, Winkler, Lee, Izard, Shapiro y Spelke, 2011). Por lo cual, el funcionamiento de los subsistemas parietooccipital y parietal inferior izquierdos implicados en el uso del lenguaje para el

establecimiento de relaciones espaciales (Luria, 1982), podría tener una activación semejante a la reportada en niños con desarrollo típico.

Con respecto al papel del lenguaje, la ejecución de los participantes durante la ejecución de la NavVal-PE también brindó datos relevantes. Tales conllevan a una segunda hipótesis de defecto en el grupo analizado. Para los participantes, la Regulación Verbal Externa (RVE) es una herramienta importante durante una tarea de navegación. El 60% de los participantes se apoyó de la Regulación Verbal Simultánea durante la navegación a la pista, mientras que en la navegación hacia la meta esta herramienta compartió el primer lugar de preferencia (90%) con la herramienta Agarre. Fue en la navegación hacia la meta, donde los participantes carecían de claves visuales que los retroalimentaran de la ruta a seguir. Es posible que la regulación verbal simultánea, les brindara retroalimentación respecto a las ubicaciones erróneas previamente seleccionadas, para así reorientar a una nueva ruta de navegación. Esta función del lenguaje, plantearía el análisis de subsistemas frontales en adultos, y subsistemas anteriores como posteriores en niños durante tareas de navegación con las características que tiene la navegación hacia la meta. Dichas áreas participan en la regulación de la actividad mediante el habla en población típica (Luria, 1982; Bodrova y Leong, 2004). La comparación de dicha regulación entre niños con desarrollo típico y TEA mientras se analiza la activación de tales subsistemas, podría permitir reflexiones respecto a la persistencia de la Regulación Verbal Externa Simultánea (RVE's) en el grupo aquí analizado, conformado en su mayoría por niños mayores de 8 años. Los niños con desarrollo típico de 7-8 años, ya logran llevar el habla que acompaña su actividad, a una reflexión en silencio (Vigotsky, 1977). La regulación verbal mediante verbalizaciones simultáneas a su actividad, solo es observada en niños con desarrollo típico cuando su edad es menor a los 7 años (Luria, 1982). Por ello, la persistencia de la Regulación Verbal Externa Simultánea (RVE's) en

el grupo analizado, plantea un desfase en el uso de dicha herramienta. Existe otra herramienta a considerar en lo referente al lenguaje, de la cual solo tenemos dato a partir de a partir del reporte de los participantes, tal herramienta es la Regulación Verbal Interna. Esta investigación no ofrece certeza respecto al uso de la regulación verbal interna, pues como se ha dicho, su medición se basa en aquello que el participante reportó después del interrogatorio de cada turno ejercido. El análisis de subsistemas anteriores y posteriores izquierdos en niños (Luria, 1982; Bodrova y Leong, 2004) con TEA, permitiría establecer hipótesis respecto a esta herramienta en tareas de navegación.

Durante la NavVal-PE los participantes utilizaron el gesto como otra herramienta para orientar su actividad. Ello muestra una diferencia cualitativa en las herramientas que este grupo utiliza en comparación con la población típica. En el 30% de los participantes (5, 8, 10), se observó una combinación del gesto y del habla exteriorizada para planear su ejecución. La persistencia del uso del gesto y el acompañamiento del habla durante su actividad, lleva a cuestionar las características madurativas de los subsistemas cerebrales que sustentan tales funciones. De acuerdo a lo reportado en personas con TEA, se han documentado desfases madurativos en los subsistemas frontales izquierdos (Schroeder et al., 2010; Anagnostou y Taylor, 2011; Lenroot y Yeung, 2013; Duffy et al., 2013) y frontotemporal izquierdo (Coben et al., 2008), áreas cerebrales que participan tanto en el uso del gesto como en el habla. Proponiéndose también que tales alteraciones conllevarían a una menor especialización interhemisférica del lenguaje (Visser, Cohen y Geurts, 2012).

Duffy et al. (2013) señalan que en los TEA, los problemas de lenguaje correlacionan con la alteración de los subsistemas implicados. Sin embargo, en personas con SA, estas fallas son compensadas por un incremento de coherencia espectral entre regiones posteriores izquierdas.

Ello conllevaría a que este grupo específico con TEA, tenga mejor desempeño en tareas de lenguaje que otras personas dentro del espectro. Dado que el grupo de este estudio cumplió los criterios de alta probabilidad de síndrome de asperger de acuerdo a la escala Gilliam, las regiones posteriores izquierdas son candidatas a estudio como Regiones de Interés en futuros estudios de navegación y lenguaje. Recordando que el lenguaje también implica gestos, los cuales también reclutan subsistemas parietales izquierdos (Goldenberg, 2009).

8.4. Funciones y procesos

El análisis de funciones y procesos durante la navegación, conlleva a considerar variables pertenecientes a las unidades de análisis ya discutidas, las cuales son utilizadas para poner en juego tal función o proceso. La discusión de esta unidad de análisis se aborda desde esta relación de variables, considerando tres principales rubros.

8.4.1. Memoria

La memoria (ME, ME-obj, Mpp) fue utilizada con poca preferencia (10%) durante la navegación hacia las pistas. En la NavVal-PE durante la navegación hacia la pista, los participantes contaban con retroalimentación visual en línea de las relaciones espaciales entre claves alotéticas. Por ello, no requerían apoyarse en la memoria espacial para recordar tales relaciones. Sin embargo el caso es distinto en la navegación hacia la meta, donde la información brindada por las pistas, así como el aprendizaje obtenido a partir de las ubicaciones seleccionadas como meta, pero equivocadas, constituyen ubicaciones cuyo recuerdo es útil para orientar la navegación. En esta navegación, los participantes presentaron mayor dificultad para recordar ubicaciones espaciales. En su lugar, los participantes se apoyaron de la memoria episódica (ME: 70%) utilizando tanto gestos e información verbal lingüística, para intentar evocar ubicaciones y establecer relaciones allocéntricas.

El uso de gestos transitivos puede deberse al papel que éste tiene respecto a la memoria espacial. Los gestos disminuyen la carga de la memoria de trabajo espacial mediante la copia de la información externa mediada por el cuerpo (Goldenberg, 2009). Los gestos utilizados en el grupo observado podrían bien tener esta función. En lo referente al apoyo de la memoria episódica para orientar la navegación, tal estrategia compensatoria se ha observado en pacientes con alteraciones hipocampales derechas, quienes intentan recordar información espacial mediante la visualización de eventos vividos (Hassabis y Maguire, 2007). Dicha compensación es sustentada en el funcionamiento del hipocampo izquierdo (Wilbert et al., 2014) y áreas prefrontales (Baumann y Mattingley, 2010; Hassabis y Maguire, 2007).

En alteraciones hipocampales o temporales derechas también se han observado otras estrategias compensatorias, las cuales estuvieron presentes en el grupo estudiado durante la navegación hacia la meta. Treinta por ciento de los participantes evocaron objetos que pertenecen a lugares o eventos presenciados (ME-obj). La literatura señala que dicha compensación, se sustenta en la actividad de estructuras extrahipocampales (Burgess et al., 2002) y conexiones posteriores a frontales mediante el fascículo longitudinal inferior (Mishkin, Ungerleider y Macko, 1983). La asociación semántica (Mpp) también fue una estrategia utilizada por el 30% de los participantes, quienes parecían palabras que designaron elementos cercanos en la navegación a pequeña escala. La literatura indica que tal compensación, se apoyaría en la red frontoparietal izquierda cuando se utiliza el nombre de animales para designar elementos y de la red frontotemporal izquierda cuando se utilizan otros sustantivos (Rodríguez-Ferreiro, 2012). La presencia de tales estrategias compensatorias en este grupo, podría vincularse con las alteraciones reportadas en esta población respecto a la integridad de estructuras temporomediales derechas y bilaterales (Zilbovicious et al., 2006; Anagnostou y Taylor, 2011; Woodbury-Smith y Volker,

2009; Yu, Cheung, McAlonan, 2011), compromiso de tractos cortos temporo-parietales (Suckla et al., 2011), así como a la hipoactivación en estas estructuras reportadas en niños con TEA (Gaigg y Bowler, 2007; Lenroot y Yeung, 2013).

8.4.2. Imaginación

Hassabis y Maguire (2007) y Irish, Halena, Kamminga, Tu, Hornberger y Hodges (2015) señalan que la habilidad de imaginar, requiere la construcción de escenas y espacios novedosos espacialmente coherentes dónde se realiza la proyección del sí mismo. Para ello, proponen la participación de diversos subsistemas que incluyen áreas basales, hipocampales, modales e intermodales. Para una navegación imaginada, se necesita la representación de un espacio en el cual las relaciones allocéntricas y egocéntricas tienen lugar. Las representaciones allocéntricas configuran el mapa mental de la escena, y las relaciones egocéntricas permiten que el participante identifique puntos de referencia en relación con sí mismo para orientar la navegación.

La imaginación es uno de los indicadores de esta unidad de análisis, cuyo registro se realizaba siempre y cuando los participantes declararían el uso de la misma durante cada interrogatorio realizado posterior a cada turno. Ello no sucedió pero la navegación imaginada también está asociada a otro indicador: la frecuencia en que los participantes utilizaron tanto relaciones espaciales egocéntricas como allocéntricas en un mismo turno. Por ello al analizar el papel de la imaginación es imperativo adelantarse a la discusión de los orientadores, para hablar de la frecuencia en que ambas relaciones espaciales fueron utilizadas en un mismo turno. El uso de ambas relaciones fue más frecuente en la navegación hacia la meta (participantes 4, 5, 8 y 9) que en la navegación hacia una pista (participante 8). Lo cual no garantiza que los participantes imaginaran las rutas para resolver la tarea. Lo que sí realizaron en esta navegación hacia la meta,

fue apoyarse en la memoria, utilizando estrategias compensatorias observadas en pacientes con alteraciones hipocampales derechas, quienes no pueden crear mapas espaciales.

En los TEA se ha reportado fallas asociadas a subsistemas temporales mediales derechas, asociadas a fallas en reconocimiento de expresiones faciales emocionales y orientación de la mirada (Schultz et al., 2000, Zilbovicius et al., 2006; Schroeder et al., 2010), y en lo referente a la navegación imaginada, se reportan fallas en la proyección del sí mismo (Chen, Tsou, Chen, Wong, Fan, Wu, 2018) y lentitud en tareas de imaginaria del movimiento (Conson, Mazzarella, Frolli, Esposito, Marino, Trojano, et al., 2013). Estos datos documentados, y la ausencia de reportes en el uso de imaginaria en éste estudio, conllevan a considerar la habilidad para formar de relaciones espaciales aloécnicas, necesaria para formar mapas espaciales en los TEA. Mapas que acorde a la literatura, pueden crearse a partir de las relaciones espaciales egocéntricas establecidas durante la navegación real (Witter y Mosser, 2006; Mosser, 2014). Siendo las relaciones espaciales, variables que es recomendable abordar en futuras investigaciones de imaginación con personas con TEA.

8.4.3. Flexibilidad Cognitiva

Fallas en flexibilidad cognitiva han sido reportadas en la literatura de TEA (Frith y Vignemont, 2005). Y en el caso de la navegación en población típica, se ha reportado la utilidad de la flexibilidad cognitiva para establecer diferentes rutas que puedan llevar al mismo punto de referencia (Passot et al., 2012; Tirapú y Luna, 2012; Sukumar, Rengswamy y Chakraverthy, 2012). En este trabajo se encontró una correlación estadísticamente significativa entre la subescala Expresión Derecha Izquierda, con las subescala Flexibilidad Cognitiva Número de Respuestas Correctas ($r = 0.64$). Con lo cual se interpreta que un mayor número de respuestas correctas en tareas de flexibilidad cognitiva, tiene una relación directamente proporcional con el

desempeño en la tarea de Expresión Derecha Izquierda. Sin embargo Expresión Derecha Izquierda también correlacionó negativamente con Flexibilidad Cognitiva Total de Errores ($r = -0.65$). Esto significaría que el número de errores tiene una relación inversamente proporcional con el desempeño en Expresión Derecha Izquierda. Estos datos resultan congruentes con la relación entre flexibilidad cognitiva y navegación en población típica (Passot et al., 2012), indicando semejanza del comportamiento de ambas variables en la población típica como en el grupo evaluado.

A partir de tal correlación podemos suponer que el funcionamiento de estructuras implicadas en la flexibilidad cognitiva como los subsistemas prefrontales dorsolaterales (Burgess et al., 2002; Khamesi y Humphries, 2012), las aferencias al estriado (Sukumar, Rengswamy y Chakraverthy, 2012), y el giro supramarginal, también participan en a eficiente navegación. Empero a partir del análisis de la NavVal-PE se plantean hipótesis respecto a la funcionalidad o defecto de tales subsistemas. En el análisis de funciones, se observó que el 40% de los participantes planearon más de una ruta antes de ejecutarla (flexibilidad cognitiva: FL), cuando el avatar debía ser desplazado hacia la meta. Mientras que solo el 30% lo hicieron cuando debía dirigirse hacia la pista. Aunque esta diferencia por el tamaño de la muestra es pequeña, es posible que ello se asocie a la cantidad de información con la cual contaban en uno u otro caso. Durante la navegación hacia la meta, debían apoyarse en la memoria y el cálculo de la ubicación, mientras que en la navegación por pista podían confiar en la clave alotética hacia la cual dirigirse. A pesar de ello, la mayoría de los participantes en uno u otro tipo de turno (60% y 70%) no se plantearon dos o más rutas (FL), pero sí planeaban al menos una ruta. Durante la misma el error más frecuente que los participantes presentaron (60%) fue el que se denominó “Reversión”. Consistía en dificultades para rodear o retroceder para llegar a una ubicación

planeada. En su lugar los participantes buscaban rutas directas que podrían llevarlos a seleccionar ubicaciones meta que previamente fueron indicadas como erróneas, o bien a intentar romper reglas como saltar muros, para llegar a una ubicación que fijaban como objetivo. A pesar de que las rutas que utilizaban eran directas y no siempre eran las más eficientes, este 60% de participantes sí planearon al menos una ruta antes de ejecutarla. Ello fue observado tanto en la navegación hacia la meta como a la pista, planeando una ruta diferente en cada uno de los nuevos turnos. Ello cuestiona las fallas en planeación asociadas a las alteraciones documentadas en la corteza prefrontal dorsolateral en TEA (Etchepareborda, 2005; Yu, Cheung y McAlonan, 2011; Rogers, McKimm, Dickson, Goldwitz, Blaha, Mittleman, 2013). Los datos de esta investigación plantean que el estudio de las alteraciones funcionales asociadas a este subsistema, presentan un perfil matizado: por una parte se observan fallas más claras en flexibilidad cognitiva, pero al mismo tiempo los participantes sí buscaron planear la ruta, aunque su planeación no fuese la más eficiente.

Otro tipo de errores asociados a las fallas en flexibilidad es la navegación por habituación (Khamessi y Humphries, 2012). Dos participantes (1 y 8) presentaron tales errores (tabla 17) en los que persiste la navegación habitual a pesar de que tal ruta es incorrecta. Los participantes declararon gestualmente (trazando con el dedo sobre la maqueta) la planeación de una ruta novedosa y eficiente para llegar a una ubicación en el tablero. La planeación eficiente se asocia al funcionamiento de áreas corticales como la corteza prefrontal dorsolateral, orbitofrontal, hipocampo y el estriado dorsolateral (Khamessi y Humphries, 2012). Estos dos participantes, a pesar de planear una ruta novedosa, ejecutaron una ruta previa, repitiendo la secuencia praxica realizada durante algunos ensayos anteriores. La literatura señala que este tipo de error se asocia a una habituación por sobreaprendizaje de una ruta seguida en turnos anteriores. El sustento

neuroanatómico de tal error, señala la hiperfuncionalidad de la interacción del estriado dorsolateral con el hipocampo (Khamessi y Humphries, 2012). Este tipo de errores ha sido documentado solo en investigación básica, en el cual se realiza un sobrentrenamiento de rutas, cuyo error de habituación es observado después de 60 ensayos en ratones. En esta tarea los participantes no necesitaban repetir una misma ruta por tantos ensayos, por lo que este resultado plantea el análisis de este tipo de error tanto en niños con desarrollo típico como en personas con TEA. Así sería posible identificar si un número menor de ensayos son necesarios para lograr esta habituación en un niño con desarrollo típico, o bien es una característica específica en algunos niños con TEA.

8.5. Orientadores

La decisión de calificar en cada turno el uso de una relación egocéntrica, allocéntrica, o ambas para orientar la navegación, sigue criterios en los cuales se considera el tipo de claves perceptuales, herramientas, funciones y procesos utilizados en cada turno. Así mismo se plantea como “indeciso” (?) cuando el registro de las funciones es insuficiente para decidir cuál fue el tipo de relación espacial utilizada. Dados los factores implicados en esta calificación, la discusión de esta unidad de análisis comprende también la inclusión de tales variables, como se observa a continuación.

8.5.1. Relaciones espaciales egocéntricas

Las relaciones espaciales egocéntricas fueron las preferidas por la mayoría de los participantes. Este tipo de relación se asocia con otros indicadores como el Agarre manual (A) (80% pista; 90% meta), desplazamiento motor (Mot) (80% pista; 60% meta), claves taxonómica (100% meta y pista), prácticas vestibular pasiva (70% pista; 80% meta), alotética visual (100% meta y pista) y alotética táctil (70% pista; 60% meta).

El desplazamiento motor para ajustar las relaciones espaciales a una perspectiva egocéntrica ha sido documentado por Nardini et al. (2005). Este ha sido observado en niños de 3 años, siendo menos frecuente a los 6 años. La permanencia de dicha estrategia en conjunto con la predominancia de claves práxicas vestibulares pasivas en el grupo analizado, conlleva a proponer el análisis de vías vestibulo-cerebelar y su participación en la navegación. Analizando la maduración de tales estructuras y su relación con el desplazamiento motor utilizado para ajustar relaciones espaciales. El predominio del Agarre, junto con el alto uso de claves alotéticas visual y táctil en la navegación, permiten proponer incluir en futuros estudios, la maduración de proyecciones parieto-premotoras que participan en la ubicación visuoespacial del objeto para su agarre (vía dorsal), y vías somatosensoriales, ínsula y corteza somatosensorial que forman parte de los subsistemas implicados en la ubicación del objeto (dónde) mediante claves táctiles (Arnott et al, 2004 y Kravitz et al., 2011). Y compararlo dicha maduración con respecto a niños con desarrollo típico, para así contar con mayor información que indique semejanzas o diferencias entre ambas poblaciones.

8.5.2. Relaciones espaciales allocéntricas

Las relaciones espaciales allocéntricas fueron utilizadas por 80% de los participantes (1, 2, 4, 5, 6, 8, 9 y 10) en diferentes tipos de navegación; 50% de ellos (participantes 1, 4, 5, 6 y 10) la utilizaron tanto en la navegación a pista como a la meta. Mientras que el 10% (participante 8) solo la utilizó durante la navegación hacia las pistas y un 20% (participantes 2 y 9) en la navegación hacia la meta. En el caso del participante 9, se observó que el uso de la relación allocéntrica, estuvo acompañado del uso de relaciones egocéntricas durante el mismo turno.

La frecuencia de uso de la relación allocéntrica, fue menor en comparación con la frecuencia en que los participantes se apoyaron de las relaciones espaciales egocéntricas. La literatura

permite explicar la razón de esta baja frecuencia, pues se ha documentado que las relaciones aloécnicas, son formadas gracias a la integración de relaciones espaciales egocéntricas (Witter y Mosser, 2006; Mosser, 2014). Así, el funcionamiento del subsistema parietal posterior, que proyecta a estructuras temporales mediales, estaría implicado en la codificación de relaciones espaciales egocéntricas, para transformarlas en aloécnicas. Así también lo estarían otras estructuras corticales y subcorticales que participan en la formación de relaciones espaciales egocéntricas, como los ganglios basales, cerebelo, vías vestibulares, y las proyecciones parieto-premotoras (Cullen et al., 2011; Kravitz et al., 2011; Rochefort et al., 2013). Por lo que fallas en la integración información espacial egocéntrica podrían dificultar el establecimiento de relaciones espaciales aloécnicas.

Por lo anterior, durante la tarea de familiarización de la NavVal-PE, los participantes podían establecer relaciones egocéntricas acorde a lo esperado según la literatura. Y conforme a lo que ésta misma también plantea, dichas relaciones permitirían formar un mapa mental creado a partir de relaciones aloécnicas. A pesar de ello, no era posible plantear que existiría un riesgo de predominio de relaciones aloécnicas cuando se aplicó esta tarea de manera individual, debido a que en humanos no existe un parámetro de exposiciones mínimas necesarias a relaciones egocéntricas, para crear dichos mapas. Ni tampoco se realizó un sobreentrenamiento en una ruta específica que pudiera conllevar a errores de habituación.

El error de navegación por habituación, también se ha presentado ante fallas estriatales. El mismo consiste en realizar una navegación basada en relaciones espaciales egocéntricas, repitiendo una misma ruta de navegación (Khamessi y Humphries, 2012). Dicho error fue observado en dos participantes. Aunque se presentaron otros errores asociados a la navegación, ninguno de éstos es asociable a fallas que conlleven a una persistencia en la selección de una ruta

como sí ocurre con el error por habituación. El resto de los participantes que eligieron la relación espacial egocéntrica como orientador predominante, sin que se asociara a una falla en subsistemas cerebrales, estuvo constituido por el 70% de los participantes.

El único caso en el cual se observó un predominio aloécéntrico fue el de la participante mujer. Al comparar su desempeño en el uso de herramientas, al igual que otros participantes niños, utilizó la regulación verbal simultánea, regulación verbal anticipada y el del gesto. Sin embargo al comparar los indicadores que componen la unidad de análisis Funciones/procesos con el resto de los participantes, sí se observaron diferencias. Fue la única participante quien utilizó las estrategias secuencial de navegación (pista), contigüidad (pista y meta), y ponderación de áreas de la maqueta (meta) para distinguir superficies, asignando valores como lejos, cerca y muy cerca de la meta, a las áreas de la maqueta.

El análisis de preferencia por relaciones aloécéntricas en esta participante, también es asociable a otros factores vinculados con las características de algunas personas dentro del espectro. En autistas savant, se ha reportado mayor conectividad parietooccipital derecha a nivel del giro lingual, asociada a un alto desempeño en memoria visuoespacial (Newmann et al., 2011), la cual participa en el establecimiento de relaciones aloécéntricas.

8.5.3. Uso de ambas relaciones espaciales

En la NavVal-PE, el avatar es el objeto que debía desplazarse y también el objeto a partir del cual se establecían relaciones espaciales con otros puntos de referencia. Por ello, podría pensarse que la tarea de navegación propuesta, solo es realizable únicamente estableciendo relaciones espaciales aloécéntricas. Sin embargo, el observador también podía establecer relaciones espaciales ya sea con la mirada (clave taxonómica) u otras claves asociadas a funciones y herramientas presentes en el establecimiento de las relaciones egocéntricas (agarre,

desplazamiento del participante a la posición del avatar para mantener la misma perspectiva visual, etc).

En el caso de la Navegación a Pequeña escala mediante la subescala Expresión Derecha Izquierda y con la subescala Comprensión Derecha Izquierda, los participantes debían guiar la navegación del avatar, dando indicaciones verbales o siguiendo indicaciones verbales. Este último podía tener una perspectiva visual concordante con la del participante, con lo cual este último podía apoyarse en relaciones egocéntricas; o bien tener una perspectiva distinta, en la cual el participante debía establecer relaciones allocéntricas para guiar la navegación. Así, tanto en la NavVal-PE como en las subescalas Comprensión Derecha Izquierda como Expresión Derecha Izquierda de la ENI, es necesario el uso de ambas relaciones espaciales para concluir la navegación con éxito.

Frith y Vignemont (2005) plantean que las personas con TEA, presentan dificultades en el tránsito e integración de relaciones espaciales egocéntricas. La razón de ello la atribuyen a tres posibles fallas. La primera de ellas es las fallas en flexibilidad cognitiva. En la NavVal-PE el 80% de los participantes utilizó ambas relaciones, logrando alternar entre ellas. Únicamente dos participantes (3 y 7) realizaron la tarea apoyándose exclusivamente en las relaciones espaciales egocéntricas. En la hipótesis de fallas en flexibilidad (Frith y Vignemont, 2005), se plantea que los participantes tendrían dificultad para realizar el tránsito de una relación espacial a otra, pero que una vez que han logrado realizar dicho tránsito, perseverarían manteniendo la última relación espacial establecida, lo cual es contrario a lo observado en nuestros resultados. De los 8 participantes que conformaron el 80% mencionado, 7 transitó de una relación espacial egocéntrica a una allocéntrica, y una participante lo hizo de la relación allocéntrica a la egocéntrica. Posterior a la transición inicial, todos regresaron a la relación espacial inicialmente

utilizada con facilidad. Dos de ellos regresaron a la relación espacial inicial al siguiente turno (participantes 1 y 2: ego-alo-ego), uno lo hizo dos turnos después (participante 10: ego-alo-alo-ego), y tres lo hicieron tres turnos después (participantes 4, 6, 8: ego-alo-alo-alo-ego). Por ello, no se observa la dificultad para volver a la relación inicial como lo sustenta la hipótesis de fallas en flexibilidad.

Nuestros resultados también muestran una correlación entre la subescala Comprensión Derecha Izquierda de la ENI (navegación realizada por el participante siguiendo instrucciones verbales) con dos valores de una subescala que mide Flexibilidad Cognoscitiva en esta misma prueba: Flexibilidad Cognoscitiva Porcentaje de Respuestas Correctas ($r = 0.6458$) y Flexibilidad Cognoscitiva Porcentaje de Errores ($r = -0.65$). La correlación entre flexibilidad cognitiva y navegación, ha sido documentada previamente en la literatura (Burgess et al., 2002; Sukumar, Rengswamy y Chakraverthy, 2012). Por lo que en este sentido, podemos decir que al igual que los niños con desarrollo típico, en este grupo de niños con TEA la flexibilidad cognitiva mantiene una correlación semejante a la reportada en niños con desarrollo típico. Manteniendo una correlación directamente proporcional entre las respuestas correctas y el desempeño obtenido en la navegación; y una correlación inversamente proporcional entre el número de errores (poca flexibilidad) y el desempeño obtenido en la tarea de navegación. Así, nuestros datos no permiten sustentar fallas en flexibilidad cognitiva asociadas a dificultades en la alternancia en representaciones egocéntrica y allocéntrica en la navegación.

La segunda falla que, acorde con Frith y Vignemont (2005) dificulta el uso de ambas posiciones espaciales, son las fallas en Coherencia Central. Señalan que las personas con TEA podrían formar ambas representaciones, pero no podrían integrarlas.

Como se mencionó anteriormente la literatura señala que en la navegación, las relaciones espaciales aloécnicas son formadas a partir de relaciones egocéntricas. Lo observado en este trabajo fue que la mayoría (80%) sí pudo utilizar una u otra relación espacial, aunque mostrara preferencia por una u otra. En la mayoría, la representación menos preferente fue la aloécnica, lo cual lleva a proponer como hipótesis que en varios participantes, aún se necesitarían mayor cantidad de ensayos para codificar relaciones egocéntricas que den lugar a mapas con relaciones aloécnicas. Por lo que no podemos asegurar que ambas representaciones, egocéntrica y aloécnica, estuviesen completamente formadas y que la falla sea integrarlas. Pero con base en nuestros resultados, la hipótesis de Coherencia Central no es desechable. Es importante retomar el papel de las fallas de integración de los elementos que conforman tanto la representación espacial egocéntrica, como aloécnica. Las hipótesis de este defecto en TEA, conllevarían a analizar los subsistemas cortico-subcorticales que integran relaciones egocéntricas, referidos en la discusión de las claves perceptuales utilizadas. Así también como estudiar subsistemas que integran las relaciones egocéntricas formando relaciones aloécnicas, tales como el complejo retrosplenial, temporal medial derecho, y parietal.

La integración de ambas representaciones (egocéntrica y aloécnica) se realiza mediante el proceso de integración de vías, en el cual participan las células de la red hipocámpal y mesencéfalo (Witter y Mosser, 2006; Mosser, 2014; Kropff, 2015). En ellas es de vital importancia las conexiones inhibitorias, mediadas por GABA (Witter y Mosser, 2006). El papel de GABA en los TEA ha sido abordado por Muñoz y Palau-Salvadó (2008), quienes señalan que esta población presenta fallas en la sinaptogénesis, adhesiones celulares y participación de proteínas que permiten procesos madurativos neuronales. Ello causa un desequilibrio de GABA y Glutamato, disminuyendo el efecto inhibitorio de GABA, efecto que es necesario para el

proceso de integración de vías, en el que se integran relaciones espaciales egocéntricas y allocéntricas.

Muñoz y Palau-Salvadó (2008) también describen que en los TEA se presentan menores niveles de la enzima descarboxilasas del ácido glutámico en cerebelo y en la corteza parietal. Esta enzima es la que permite la síntesis de GABA. Por lo cual en el futuro cabría estudiar si en la población con afección de la función inhibitoria gabaérgica en estas estructuras, también se vería afectada la formación de relaciones espaciales egocéntricas.

La tercer falla a partir de la cual se plantea que las personas con TEA no logran transitar de una relación espacial a otra, son las fallas en teoría de la mente. Frith y Vignemont (2005) señalan que las fallas metarepresentacionales conllevarían a un estancamiento en un estadio de desarrollo egocéntrico. Debido a ello, plantean que cuando las personas con TEA se posicionan en una relación egocéntrica, no se dan cuenta de que ésta representación es egocéntrica. La consideran una perspectiva objetiva e independiente del self. No se darían cuenta de que mantienen una perspectiva subjetiva, dificultando la distinción de perspectivas entre la primera y la tercera persona, lo que los lleva a confundir la representación egocéntrica con allocéntrica. Planteando como hipótesis que un egocentrismo más grave conllevaría a una menor probabilidad de adoptar un punto de vista allocéntrico, afectando a su vez la habilidad de mentalización.

Los resultados en esta tesis indican un predominio de egocentrismo en el 90% de los participantes, siendo la participante 5, en quien la preferencia es allocéntrica. Los resultados obtenidos permiten sostener la hipótesis de predominio egocéntrico propuesta por estos investigadores, pero plantean como hipótesis una diferencia de sexo, pues es la única chica del grupo en quien predomina la representación allocéntrica. No obstante la hipótesis de falla representacional, debida a fallas para distinguir entre la primera y tercera persona indicada por

estos investigadores no puede ser comprobada con nuestros hallazgos. Para abordar esta hipótesis en el futuro, sería necesario analizar la actividad de subsistemas que sustentan los procesos de distinción entre el self y los otros. Abu-Akel y Shamay-Tsoory (2011) indican que los sistemas frontoparietales ventrales y dorsales derechos, junto con subsistemas estriatales, tendrían que analizarse para distinguir tales perspectivas. En autismo la hipótesis de alteración en funcionalidad estriatal dopaminérgica ha sido documentada (Calahorra et al., 2009; Genis, Tovilla, Camarena, Aguilar, Flores, Lanzagorta, et al., 2012), así como alteraciones en el volumen de materia gris de circuitos limbicoestriatales (Yu, Cheung y McAlonan, 2011), que justifican el análisis de tales estructuras y su papel en la distinción de estados mentales. Las hipótesis en este tema, deben leerse de manera más parcial, matizada o dimensional como proponen Tirapú, Pérez, Erekatxo, Pelegrín (2007), sin aventurarnos a indicar que las personas con TEA carecen por completo de habilidades de mentalización.

Los resultados observados durante la NavVal-PE, exponen errores específicos para cada participante, que muestran incluso, que dentro de un grupo con el mismo diagnóstico existe una heterogeneidad de síntomas. Estas diferencias podrían deberse a la expresión genética de cada participante (Endo et al., 2010, Liu, Du, Liu, Yan, Liu, Wang, et al., 2013) y también esta diversidad es concordante con una perspectiva politética de los TEA como la que propuso la Asociación Americana de Psiquiatría en el DSM IV (American Psychiatric Association, 1994) y DSM IV-TR (American Psychiatric Association, 2000). Propuesta defendida por investigadores como Kawale et al. (2010); Andrews et al. (2010); Grzadzinski et al (2013); Volkmar y Reichow (2013); Woodbury-Smith y Volkmar (2009); así como en los datos presentados por la Secretaría de Salud (2012).

Finalmente respecto al análisis de correlaciones, es importante señalar que en el análisis de discrepancia, se observaron puntuaciones discrepantes solamente en subescalas de la ENI. Estas fueron: Fluidez Gráfica, Dibujo de la Figura Humana y Recuerdo de una Historia. Así las subescalas las cuales se encontraron correlaciones estadísticamente significativas, estuvieron exentas de datos discrepantes. También debemos destacar que la discusión y conclusiones derivadas de esta tesis, no son generalizables a otros grupos con diagnóstico de TEA. Sin embargo, sí pueden ser utilizados para comparar y analizar el desempeño de otros grupos de niños con este diagnóstico, con el fin de llegar a conclusiones respecto a las características compartidas y distintivas entre los niños con TEA.

9. Conclusiones

Los trastornos generalizados del Neurodesarrollo, han sido conceptualizados en muchas investigaciones a partir de las fallas en el funcionamiento. Son pocos los estudios que caracterizan su desempeño indicando habilidades en las que muestran una funcionalidad eficiente. Acorde con el objetivo general, en esta investigación se logró caracterizar variables implicadas en la navegación en un grupo de niños con TEA. Como parte de tal caracterización se observó lo siguiente.

El análisis visual y táctil, junto a la información taxonómica y práxico vestibular pasiva, son fuentes importantes de información para la navegación. Otras herramientas, funciones y procesos que en este grupo tuvieron un papel importante en el intento de lograr un desempeño funcional. son la información táctil, el uso de gestos y el habla verbal exteriorizada.

La preferencia observada por la información taxonómica, táctil, las claves práxico vestibulares pasivas, el desplazamiento motor para apoyarse en relaciones espaciales egocéntricas, y el agarre, conllevaron a una mejor orientación cuando contaron con referentes estáticos. Buscaron mantener puntos de referencia estables que orientaran sus rutas, prestando poca atención a claves dinámicas como la práxico vestibular activa. En la literatura en TEA, se ha reportado dificultades en el procesamiento del movimiento, asociado a fallas en áreas temporales ventrales. Acorde a lo observado, es sugerible incluir dentro de la investigación del procesamiento del movimiento, la ubicación espacial de sí mismo. Ello especialmente cuando existe discrepancia entre la ubicación vestibular y la información propioceptiva dada por las claves práxicas, tal como ocurriría al utilizar claves práxico vestibulares activas. Este análisis puede llevarse incluso a la discusión respecto a la integración de la imagen corporal en los TEA, a partir de la cual se conforma una parte de la representación del sí mismo.

El apoyo en claves, herramientas, funciones y procesos que brinden puntos de referencia en espacios estáticos, es analizable desde la función que tal estabilidad les ofrece. Por ejemplo, identificar si ello tiene relación con uno de los síntomas descritos, tales como: la ritualización y monotonía al colocar los objetos siempre en la misma ubicación dentro de una habitación. Desde la cognición espacial, dicha conducta ritualizada podría compensar fallas en orientación espacial. Lo cual replantearía la necesidad de extinguir tal estereotipia mediante una intervención conductual.

El uso de gestos y del habla simultánea durante la descripción de su actividad, son características distintivas de este grupo. Lo cual replantea el papel del lenguaje durante la administración de pruebas neuropsicológicas o psicológicas. En las guías de calificación de tales instrumentos, el uso del habla es fundamental para obtener una puntuación mayor. En el caso de la comunicación gestual, el valor de las respuestas dadas disminuye, aún cuando el gesto exprese la información que se pretende evaluar. En esta población, podemos observar que la regulación verbal simultánea junto con el gesto, les permiten organizar su actividad. El gesto podría tener un lugar compensatorio favoreciendo la comunicación, tal como ocurre con personas mudas. Es en esta población en quienes se observa que el gesto tiene un papel muy relevante en la comunicación, sin ser menos importante que el habla. Dehaene (2011) plantea que basar la evaluación en el lenguaje hablado, pone en riesgo la comprensión de las pruebas en niños pequeños. Este mismo riesgo podría estar presente en las evaluaciones a personas con TEA. La comprensión de consignas y respuestas en las evaluaciones, apoyada con el uso de gestos y la regulación verbal simultánea, podría considerarse como herramientas características de la funcionalidad de este grupo. No propongo que se rompan las reglas de aplicación establecidas por los manuales de evaluación con población típica. Pero sí plantear el papel funcional del gesto

y la regulación verbal externa, en la comprensión y expresión de consignas. Analizarlo podría elucidar si tales herramientas es una característica funcional distintiva de los niños con TEA. Por ejemplo, una de las fallas más documentadas en los TEA es la pragmática. Las habilidades de mentalización se valoran con respuestas verbales, dejando poco margen para la calificación de gestos o expresiones corporales, los cuales forman parte de la pragmática. Dada la relevancia del gesto para este grupo, es viable plantear la valoración del lenguaje y mentalización sin dejar del lado el uso de gestos.

Abordando ahora otros indicadores, planteo el papel del agarre y la información táctil. Estos indicadores son transpolables al desarrollo de estrategias de intervención. Por ejemplo, si se buscara incrementar el acervo lexical, además de presentar ejercicios de asociación entre imagen-etiqueta lexical, podrían incluirse la asociación entre la manipulación (reconocimiento háptico) del objeto, y la correspondiente etiqueta lexical. Ahora pensemos en la predominancia de relaciones espaciales egocéntricas. Con base en ello, podría videograbarse o fotografiarse la expresión de alegría del participante ante un evento placentero, y posteriormente presentarle esta misma expresión facial en otros niños para trabajar la discriminación de expresiones faciales emocionales en el otro. Extrapolar las características funcionales observadas durante la navegación, a otras funciones en las cuales muestran dificultad, podría ser parte de las estrategias compensatorias de intervención.

A su vez, se pone en la mesa la necesidad de incluir dentro del análisis de la coherencia central, la manera en que las personas con TEA forman representaciones espaciales, comenzando con la representación del sí mismo. El estudio de la información vestibular y propioceptiva en tal representación requiere ser considerado. Aunado a ello propongo, la pertinencia de incluir el estudio de la información interoceptiva en la coherencia central. Esta información es necesaria en

la representación de las propias emociones, una de las fallas más documentadas en esta población. En la propuesta de disfunción de la coherencia central en los TEA, conviene considerar el procesamiento de información propioceptivo-vestibular e interoceptiva en la representación de sí mismo. Y posteriormente de la relación que esta representación tiene con los objetos del ambiente al establecer relaciones espaciales egocéntricas. Tal análisis elucidaría características propias del desarrollo en la formación de este tipo de representaciones. Así también es destacable analizar dos factores vinculados a la formación de relaciones egocéntricas. El primero son las condiciones en las cuales logran establecer tales relaciones espaciales, por ejemplo, evitar el uso de claves práxico vestibulares activas asociables a conflicto entre información vestibular y propioceptiva. Y el segundo, las estrategias compensatorias que favorecerían la formación de representaciones egocéntricas, pese a la presencia de conflicto entre dicha información. El establecimiento de relaciones allocéntricas y la integración de ambas perspectivas serían otros peldaños a estudiar, pues al menos en cognición espacial, la formación de relaciones allocéntricas se basa en las relaciones egocéntricas.

Por otra parte, se observó una semejanza con la población típica: el desempeño en tareas de navegación mantiene una relación con la flexibilidad cognitiva. Los resultados no ofrecieron datos de alteración en flexibilidad generalizables a todo el grupo estudiado, sin embargo algunos de sus participantes sí presentaron errores asociables a tales fallas. Por ejemplo: seguir rutas habituales en lugar de la ruta planeada, o la dificultad para proponer rodeos para llegar a una ubicación, prefiriendo rutas directas. Fallas en el procesamiento basal ha sido asociado a estos errores. Otros signos y síntomas documentados en los TEA, como la torpeza motora o poca motivación ante reforzamiento social, también han sido ligados a tales estructuras. Así, se destaca la hipótesis de defecto en estructuras basales en esta población. Otras hipótesis son

sugeribles a partir de este trabajo. Los resultados que permitieron caracterizar el funcionamiento de este grupo, también plantearon hipótesis de defecto, compensación y funcionalidad asociada a subsistemas cerebrales. Ello también se realiza en el método de Valoración por Tareas Neuropsicológicamente Orientadas, modelo en el cual se basa uno de los instrumentos utilizados en este trabajo (NavVal-PE). A continuación se presenta una síntesis de tales hipótesis, basadas en la regularidad de los indicadores medidos y en los errores observados. Comenzaremos con las hipótesis de defecto, seguida de las hipótesis de compensación.

9.1. Hipótesis Defecto.

- La poca preferencia por las claves prácticas vestibulares activas, plantean el defecto en el procesamiento de la interacción entre núcleos vestibulares, puente y cerebelo.
- La preferencia mayoritaria por relaciones egocéntricas, plantea la afectación de la funcionalidad de hipocampo derecho, parietal inferior y el complejo retrosplenial. Este puede deberse bien a una falla en el procesamiento, propia de estos sistemas pero también puede ser secundario a las fallas en la integración de información que conforma las representaciones egocéntricas. Representaciones que a su vez, permiten la creación de mapas cognitivos conformados por configuraciones de relaciones aloécnicas.
- Errores como la navegación por habituación, dead reckoning, distracción por estereotipias, errores en atención selectiva y focalizada, así como el frecuente uso del habla exteriorizada para acompañar la actividad, sin realizar la inhibición de la misma, podrían asociarse a fallas en las estructuras basales como el estriado ventral, dorsomedial, globo pálido y caudado, y estructuras corticales como parietal derecho, corteza premotora, orbitofrontal, polo frontal y frontomedial. Su falla debe ser matizada, pues la falla podría asociarse a un sistema específico o bien ser producto de la interacción entre

subsistemas. Otros indicadores de funcionalidad observados, nuevamente destacan la necesidad de un análisis detallado de falla de dichos subsistemas, por ejemplo: el mantenimiento de la meta mediado por el reforzamiento, el uso del agarre y apoyo en claves taxonómicas, el desplazamiento motor para establecer una relación espacial egocéntrica y el apoyo en la planeación espacial.

9.2. Hipótesis Compensatorias

- La importancia en el uso del gesto, conlleva a considerar al subsistema parietal izquierdo como estructura compensatoria.
- El frecuente uso del agarre, me lleva a proponer el papel compensatorio de proyecciones parieto-premotoras. Es posible que tal herramienta permita recordar la ubicación de claves alotéticas, mediante una relación espacial organizada a partir del propio cuerpo. Ello sustituiría el establecimiento de las relaciones espaciales allocéntricas, evitando el análisis de las mismas. Lo cual a su vez, también impactaría en la formación de representaciones allocéntricas.
- El apoyo en información espacial táctil para orientar la navegación, implicaría la compensación de las vías dorsales (dónde táctil) y ventrales (qué táctil) ascendentes, junto con estructuras como el núcleo ventral del tálamo, la ínsula, las vías dorsal y parietal bilateral. El procesamiento realizado por esta vía, podría tener como finalidad contar con claves alotéticas táctiles estáticas que permitan estabilizar la ubicación espacial del sí mismo. Tal estabilidad funcionaría junto con la información propioceptiva dada por las claves práxicas, como estrategia compensatoria ante las fallas en el procesamiento de información vestibular discordante.

-
- La Memoria Declarativa compensaría las fallas en memoria espacial allocéntrica, por lo cual el procesamiento de estructuras temporales mediales izquierdas y de parietal izquierdo, también tendrían un papel compensatorio.

Estas hipótesis de compensación y defecto, buscaron reconocer regularidades que caractericen al grupo valorado y así compararlo con lo reportado en la literatura en TEA. Realizar este tipo de lectura, permite abordar propuestas complejas respecto a la funcionalidad de las personas con TEA. Poner en juego diferentes funciones y procesos como la pragmática, la semántica, la memoria, el funcionamiento ejecutivo, la cognición espacial entre otras, es abordado por pocas investigaciones, entre las que se encuentran los trabajos de Hassabis y Maguire (2007) y Irish, Halena, Kamminga, Tu, Hornberger y Hodges (2015). Las propuestas de tales autores son complejas y puede argumentarse que tienen un pobre control de variables. Sin embargo, estas tareas tienen la cualidad de ser más parecidas a la interacción en un ambiente real, lo que le brinda mayor validez ecológica.

Considerar propuestas complejas, favorece la identificación de estrategias compensatorias aplicables a contextos reales, que promuevan la adaptación de esta población a las demandas del ambiente en que viven. La NavVal-PE comparte esta complejidad, por lo que es cierto que el control de variables extrañas es más difícil. Sin embargo los hallazgos obtenidos permitieron vislumbrar nuevas hipótesis a analizar en el funcionamiento en personas con TEA, que pueden considerarse para abordar en futuras investigaciones:

- a. Al igual que en personas con desarrollo típico, las relaciones espaciales egocéntricas tiene un papel importante en la formación de mapas mentales.
- b. El sexo es un factor diferencial en las estrategias utilizadas para la formación de representaciones allocéntricas.

-
- c. En mujeres con TEA, predomina la formación de representaciones espaciales aloécnicas basada en información visual.
 - d. Las personas con TEA presentan fallas en la integración de información que conforma relaciones espaciales.
 - e. Los participantes con TEA requieren más tiempo para integrar información que conforma relaciones espaciales.
 - f. Las personas con TEA se apoyan en la memoria semántica y declarativa para compensar fallas en integración de representaciones espaciales egocéntricas, aloécnicas y la formación de mapas mentales que integran ambas perspectivas.

Como puede observarse, aún es necesario continuar la investigación en cognición espacial en los TEA. Es recomendable que en futuras investigaciones, se ponga a prueba las hipótesis planteadas, mediante el estudio de imágenes que muestren la actividad cerebral, la conectividad, y la integridad de los subsistemas aquí propuestos. También es necesario considerar diferencias entre la población que conforma los TEA, para identificar clústers específicos dentro de este grupo. Ello es importante pues como se indicó en la discusión, las características funcionales de este grupo, apuntan más a una clasificación politética. Indicar datos genéticos, epigenéticos, o información respecto al desarrollo, contribuiría a saber si los TEA responden más a una clasificación politética, en la cual existirían subgrupos con funcionalidades distintas. Es así como inicialmente se reconocieron rasgos específicos que distinguen síndromes como Rett, Moebius, entre otros, que han sido diagnosticados como TGD. Igualmente las diferencias por sexo son relevantes. Aunque participantes de ambos sexos lleguen a un mismo resultado, la forma en que cada uno llega al mismo puede implicar un procesamiento distinto.

Finalmente cabe destacar que las conclusiones aquí presentadas no pretenden brindar una explicación generalizable a todos los TEA. Esta investigación combinó datos descriptivos y correlacionales para establecer hipótesis, las cuales no pretenden sustituir estudios de imagen o conectividad. Tales hipótesis son una propuesta para realizar el trabajo clínico cuando no es posible el acceso a estudios de gabinete. Las hipótesis como las que aquí se proponen, solas o en conjunto con resultados de estudios que confirmen o rechacen las hipótesis de defecto en estructuras cerebrales, pueden orientar el diseño de estrategias de intervención. Por lo cual, el uso de tareas complejas como la NavVal-PE, también ofrece una herramienta de apoyo en el trabajo clínico.

10. Referencias

1. Abu-Akel A, Shamay-Tsoory S (2011) Neuroanatomical and neurochemical bases of theory of mind. *Neuropsychologia*, 49: 2971-2984.
2. Al-Ayadhi L (2011) Serum Levels of Brain Derived Neurotrophic Factor (BDNF) in Autistic
3. Almaguer-Melian W, Cruz AR, Bouza Y, Bergado RJ (2003) Comparación de los efectos de la lesión de la fimbria-fornix y el estriado en una prueba de exploración de objetos. *Arc Neurocienc*; vol 8; pp 180-186
4. American Psychiatric Association en www.dsm5.org/Documents/changes%20from%20dsm-iv-tr%20to%20dsm-5.pdf 16 septiembre del 2013.
5. American Psychiatric Association. (1980) *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders III (DSM-III)*. Washington, D.C.
6. American Psychiatric Association. (2000) *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders IV (DSM-IV)*. Washington, D.C.
7. American Psychiatric Association. (2000) *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders IV-TR (DSM-IV-TR)*. Fourth edition Rev. Washington, D.C.
8. American Psychiatric Association (2013) *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (5th edition)* Arlington, VA: American Psychiatric Publishing.
9. Anagnostou E, Taylor MJ (2011) Review of neuroimaging in autism spectrum disorders: what have we learned and where we go from here; *Molecular Autism*; 2;1:4, pp 1-9
10. Andrews G, Pine DS, Hobbs MJ, Anderson TM, Sunderland M (2010) Neurodevelopmental disorders: Cluster 2 of the proposed meta-structure for DSM-V and ICD-11; *Psychol Med*; 39(12): 2013-2023. Doi: 10.1017/S0033291709990274

-
11. Ashwind C, Baron-Cohen S, Wheelwright S, Riordan M, Bullmor R (2007) Differential activation of the amygdala and the social brain during fearful face processing in Asperger Syndrome. *Neuropsychología*, 45: 2-14.
 12. Autism Speaks (2018) Treatments. Nueva York, USA: Autism Speaks. Recuperado de: <https://www.autismspeaks.org/treatments>
 13. Barry y Burges (2014) Neural Mechanism of Self-Location; *Curr Biol.* 24(8): R330-339; doi:10.1016/j.cub.2014.02.049
 14. Baumann O, Mattingley J, (2010) Medial Parietal Cortex Encodes Perceived Heading Direction in Humans; *The Journal of Neuroscience*, 30(9) pp 12897-12901
 15. Bejjani A, O'Neil J, Kim JA, Frew AJ, Yee VW, Ly R, Kitchen C, Salamon N, McCracken T, Toga AW, Alger JR, Levitt JG (2012) Elevated glutamatergic compounds in pregenual anterior cingulate in pediatric autism spectrum disorder demonstrated by H MRS and H RSI; *PLoS ONE*; 7(7): e38786; doi: 10.1371/journal.pone.0038786
 16. Bird CM, Burgess N (2008) The hippocampus and memory: insights from spatial processing; *Nature*; 9:182-194
 17. Bizley J.K., Cohen Y.E. (2013) The what, where and how of auditory-object perception. *Nat Rev Neurosci*; 14(10): 693-707. Doi: 10.1038/nrn3565.
 18. Blaylock RL, Strunecka A (2009) Immune-glutamatergic Dysfunction as a Central Mechanism of the Autism Spectrum Disorders; *Current Medicinal Chemistry*; 16(1):1-16
 19. Bodrova E, Leong DJ (2004) *Herramientas de la mente, el aprendizaje en la infancia desde la perspectiva de Vygotsky*. México. Pearson/Prentice Hall.

-
20. Bremer L, Andersen R (2014) Temporal Analysis of Reference Frames in Parietal Cortex Area 5d during Reach Planning; *The Journal of Neuroscience*, 34(15): 5273-5284; doi: 10.1523/JNEUROSCI.2068-13.2014
 21. Burgess N (2006) Spatial memory: how egocentric and allocentric combine; *Trends Cogn. Sci.* 10(12): 551-557. doi:10.1016/j.tics.2006.10.005
 22. Burgess N, Maguire E, O'Keefe J (2002) The Human Hippocampus and Spatial and Episodic Memory; *Neuron*; 35: 625-641
 23. Calahorro F, Alejandre E, Anaya N, Guijarro T, Sanz Y, Romero A, Tienda P, Burgos R, Gay E, Sánchez V, Ruíz-Rubio M (2009) A preliminary study of gene polymorphism involved in neurotransmitters metabolism of a homogeneous Spanish autistic group; *Research in Autism Spectrum Disorders*; 3: 438-443.
 24. Camintli R, Chafee M, Battaglia M, Averbeck B, Crowe D, Georgopoulos A (2010) Understanding the parietal lobe syndrome from a neurophysiological and evolutionary perspective; *European Journal of Neuroscience* (31): 2320-2340.
 25. Cardillo R, Menazza C, Mammarella IC (2018) Visuoconstructive abilities and visuospatial memory in autism spectrum disorder without intellectual disability: is the role of local bias specific to the cognitive domain tested? *Neuropsychology*. doi: 10.1037/neu0000472
 26. Caron M.J., Mottron L, Rainville C, Chouinard S (2004) Do high functioning persons with autism present superior spatial abilities?, *Neuropsychologia* 42; pp 467-481.
 27. Casanova J, Nishimura M, Owens J, Swann J (2012) impact of seizures on developing dendrites: implications for intellectual developmental disabilities; *Epilepsia*. 53 (Suppl 1): 116-124; doi: 10.1111/j.1528-1167.2012.03482.x

-
28. Coben R, Clarke AR, Hudspeth W, Barry R (2008) EEG power and coherence in autistic spectrum disorder; *Clinical neurophysiology*; (119) pp 1002-1009
 29. Conson M, Mazzarella E, Frolli A, Esposito D, Marino N, Trojano L, Massagli A, Gison G, Aprea N, Grossi D (2013) Motor Imagery in Asperger Syndrome: Testing Action Simulation by the hand laterality task. *PLoS One*. 8(7): e70734. Doi:10.1371/journal.pone.0070734
 30. Criterios DSM 5 para TEA y Trastorno Específico de la Comunicación.
<http://www.autismspeaks.org/what-autism/diagnosis/dsm-5-diagnostic-criteria>
 31. Cruz P.F., Zurita B.C.(2015) Trastornos del espectro autista en el DSM V: “exclusión del Síndrome de Asperger En Martínez L Y, Salvador M J, Delgado R A, Cruz PF.(Eds) *Neurodesarrollo Infantil: Diversas Aproximaciones Teóricas y Aplicativas* (153-184). Universidad Juárez del Estado de Durango, Instituto de Investigación Científica, Durango México.
 32. Cruz, F (2010) Análisis de la Actividad de juego, asperger y funcionalización cognitiva: Tú no has visto nada. En Esquivel y Ancona (Ed). *Psicoterapia infantil con juego: casos clínicos* (91-110). México. Manual Moderno. ISBN 978-607-448-055-9
 33. Cuetos-Vega F (2012). *Neurociencia del Lenguaje. Bases neurológicas e implicaciones clínicas*. Madrid, España: Médica Panamericana.
 34. Cullen, K. E., Brooks, J. X., Jamali, M., Carriot, J., and Massot, C. (2011). Internal models of self-motion: computations that suppress vestibular reafference in early vestibular processing. *Exp. Brain Res*. 210, 377–388.
 35. Chen YT, Tsou KS, Chen HL, Wong CC, Fan YT, Wu CT (2018) Functional but inefficient Kinesthetic Motor Imagery in Adolescents with Autism Spectrum Disorder. *J Autism Dev Disord* 48(3): 784-795.

-
36. Children in Central Saudi Arabia; *The Open Conference Proceeding Journal*; 2:36-40
 37. D'Adamo MC, Moro F, Imbrici P, Martino D, Roscino M, Santorelli FM, Sicca F, Pessia M (2011) Emerging role of the inwardly rectifying K⁺ channels in autism spectrum disorders and epilepsy; *Malta Medical Journal*; 23(3): 1-6
 38. Davidson M M, Weismer SE (2014) Characterization and prediction of early reading abilities in Children on the autism spectrum. *J Autism Dev Disord.* 44(4): 828-845. Doi: 10.1007/s10803-013-19362
 39. Dehaene S (2011). *The number sense: how the mind creates mathematics.* Oxford Press University. United Kingdom.
 40. Derdikman D, Mosser E (2011) A Manifold of spatial maps in the Brain; en Dehaene S, Brannon E (Ed.) *Space, Time and Number in the Brain*; Cap. 4, pp. 41-57; Canadá, Edit. Elsevier.
 41. Duffy F, Shankardass A, Manuly GB, Als H (2013) The relationship of asperger's syndrome to autism: a preliminary EEG coherence study; *BMC Medicine*; 11:175.
 42. Durand C, Betancur C, Boeckers T, Bockmann J, Chaste P, Fauchereau F, Nygren G, Rastam M, Gillberg C, Anckarsäter H, Sponheim E, Goubran-Botros H, Delorme R, Chabane N, Mouren-Simeoni MC, De Mas P, Bieth E, Rogé B, Héron D, Burglen L, Gillberg C, Leboyer M, Bourgeron T (2007) Mutations in gene encoding the synaptic scaffolding protein SHANK3 are associated with autism spectrum disorders; *Nature Genetics*; 39 (1): 25-27
 43. Dziobek I; Fleck S, Rogers K, Wolf O, Convit A (2006) The amígdala theory of autism revisited: Linking structure to behavior; *Neuropsychología*; 44: 1891-1899.
 44. Edgin J, Pennington B (2005) Spatial Cognition in Autism Spectrum Disorders: Superior, Impaired or Just Intact?, *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 35(6).

-
45. Endo T, Kitamura H, Tamura R, Egawa J, Sugai T, Fukui N, Suzuki Y, Someya T (2010) 5-HTTLPR polymorphism influences prefrontal neurochemical metabolites in autism spectrum disorder; *Psychiatry Research Neuroimaging*; 183:170-173. Doi: 10.1016/j.psychresns.2010.04.015
46. Engels F. (1980). El papel del trabajo en la transformación del mono en hombre. En Marx C y Engels F. *Obras Escogidas*. Tomo III (33-39). Moscú: Progreso.
47. Essa MM, Braidly N, Waly MI, Al-Farsi YM, Al-Sharbati M, Subash S, Amanat A, Al-Shaffae MA, Guillemin GJ (2013) Impaired antioxidant status and reduced energy metabolism in autistic children; *Research in Autism Spectrum Disorder*; 7: 557-565
48. Etchepareborda M.C. y López-Escribano M.J. (2005) Estructura citoarquitónica de las áreas del lenguaje. *Revista de Neurología*, 40, (supl.1) S103-s106.
49. Etchepareborda MC (2005) Funciones Ejecutivas y autismo; *Rev Neurol*; 4(1): S155-S162.
50. Faucz RF, Souza J, Bonalumi FA, Santos SV, Frantz E, Antoniuk S, Rosenfeld JA, Raskin S (2011) Mosaic Partial Trisomy 19p12-q13.11 due to a small supernumerary marker chromosome: a locus associated with asperger síndrome? *Americal Journal of Medical Genetics*; 115(9): 1-3. Doi: 10.1002/ajmg.a.34196
51. Fornasari L, Chittaro L, Leronutti 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: 956-965.
52. Fox C, Humphries M, Mitchinson B, Kiss T, Somogyvari Z, Prescott (2009) Technical integration of hippocampus, basal ganglia and physical models for spatial navigation. *frontiers in neuroinformatics* 3(6): 1-11 doi: 10.3389/neuro.110006.2009

-
53. Frith U, Vignemont F (2005) Egocentrism, allocentrism and Asperger síndrome: Consciousness and Cognition; 14:719-738.
 54. Gaigg SB, Bowler DM (2007) Differential fear conditioning in Asperger's syndrome. Implications for an amígdala theory of autism: Neuropsychología; 45: 2125-2134.
 55. García de la Rocha, M. L (2012) Síndrome de Balint, en http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/rehabilitacion-logo/11_sindrome_de_balint.pdf 2 de Diciembre del 2012.
 56. García F, Veney P. Un caso de Melanie Klein: Dick o el Sadismo en Nasio JD (2002) Los más famosos casos de psicosis; Paidós, Argentina 73-96
 57. Genis AD, Tovilla ZCA, Camarena B, Aguilar A, Flores LJC, Lanzagorta N, Santana VD, Fresán A, Campillo C, Escamilla M, Nicolini H (2012) Evidencia de identidad alélica para el gene del receptor DRD4 a dopamina en pacientes con esquizofrenia familiar de origen mexicano; Revista Latinoamericana de Psiquiatría; 11(2): 33-37
 58. Ghanizadeh A. (2011) Can Retaining Asperger Syndrome in DSM V Help Establish Neurobiological Endophenotypes?; J Autism Dev Disord; 41; pp 130
 59. Gilbert S, Bird G, Brindley R, Frith CD, Burgess PW (2008) Atypical recruitment of medial prefrontal cortex in autism spectrum disorders: an fMRI study of two executive function tasks; neuropsychologia; 46: 2281-2291
 60. Gillberg C (2002) A Guide to Asperger Syndrome, Cambridge University Press.
 61. Graziano M (2014) Los circuitos cerebrales de la consciencia. En (Presidencia) Coloquio de Neurociencia en El Colegio Nacional (20 de noviembre 2014)
 62. Greenaway R, Davis G, Plaisted-Grant, K (2013) Marked selective impairments in autism on an index of magnocellular function. Neuropsychología; 51:592-600

-
63. Gregory MD, Mandelbaum DE (2012) Evidence of a faster posterior dominant EEG rhythm in children with autism; *Research in Autism Spectrum Disorders*; 6:1000-1003; doi: 10.1016/j.rasd.2012.01.001
64. Greimel E, Nehr Korn B, Fink G, Kukulja J, Kohls G, Muller K, Piefke M, Kamp-Becker I, Remschmidt H, Herpertz-Dahlmann B, Konrad K, Schulte-Ruther M. (2012) Neural mechanism of encoding social and non social context information in autism spectrum disorder; *Neuropsychologia*; 50:3440-3449.
65. Grzadzinski R, Huerta M, Lord C (2013) DSM-5 and autism spectrum disorders: an opportunity for identifying ASD subtypes; *Molecular Autism*; 4 (1): 1-6 doi:10.1186/2040-2392-4-12
66. Hallmayer J, Cleveland S, Torres A, Phillips J, Cohen B, Torigoe T, Miller J, Fedele A, Collins J, Smith K, Lotspeich L, Croen L, Ozonoff S, Lajonchere C, Grether J, Risch N (2011) Genetic Heritability and Shared Environmental Factors Among Twin Pairs with Autism; *Arch Gen Psychiatry*; 68(11): 1095-1102
67. Hartley T., Burgess N. Models of spatial cognition *Encyclopaedia of Cognitive Science* MacMillan (2002)
68. Hassabis D, Maguire E (2007) Deconstructing episodic memory with construction; *TRENDS in cognitive Science* 11(7): 299-305 doi:10.1016/j.tics.2007.05.001
69. Haye, D., Winkler-Rhoades, N., Lee, S., Izard, V., Shapiro, K & Spelke, E., Spatial and numerical abilities without a complete natural language. *Neuropsychologia*. 49 (2011), 924-937
70. Iachini T, Guggiero G, Ruotolo F (2014) Does Blindness affect egocentric and allocentric frames of reference in small and large scale space? *Behavioral Brain Research*; 273:73-81; <http://dx.doi.org/10.1016/j.bbr.2014.07.032>

-
71. Igoa, Belinchón y Marulanda (2012). Pragmática. En Cuetos F. Neurociencia del Lenguaje (108-131). Madrid: Médica Panamericana
72. Igoi K, Doeller C, Paradis AL, Benchenane K, Berthoz A, Burgess N, Rondi-Reig L (2014) Interaction Between Hippocampus and Cerebellum Crus I in Sequence-based but not place navigation; *Cerebral Cortex*; doi: 10.1093/cercor/bhu132
73. Irish M, Halena S, Kamminga J, Tu S, Hornberger M, Hodges (2015) Scene construction impairments in Alzheimer disease – A unique role for the posterior cingulate cortex; *Cortex* 73: 10-23; doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cortex.2015.08.004>
74. Johnson N, Giarelli E, Lewis C, Rice C (2013) Genomics and Autism Spectrum Disorder, *Journal of Nursing Scholarship*, 45;1, 69-78.
75. Kana RK, Keller TA, Minshew NJ, Just MA (2007) Inhibitory Control in High-Functioning Autism: Decreased Activation and Underconnectivity in Inhibition Networks; *Biol Psychiatry*; 62:198-206; doi: 10.1016/j.biopsych.2006.08.004
76. Karnath HO, Rorden C (2012) Anatomy of spatial neglect; *neuropsychología*; 59(6): 1010-1017. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2011.0627
77. Kato S (2011) Psychopathologie du syndrome d'Asperger et <<aspérisation>> de la société contemporaine; *Neuropsychiatrie de l'enfance et de l'adolescence* (59) pp 274-278.
78. Kaur M, Srinivasan S, Baht A (2015) Atypical object exploration in infants at-risk for autism during the first year of life. *Frontiers in Psychology*. 6(798). Doi: 10.3389/fpsyg.2015.00798
79. Kawale A.M., Coudhari Y.U., Godge A.R., Patil K.S., Oswal A.R. (2010) Asperger's Syndrome: An Overview Revealing Facts; *Journal of Pharmacy Research*; 3(5), pp. 1110-1113.

-
80. Kilpinen H, Ylisaukko-oja T, Hennah W, Palo OM, Varilio T, Vanhala R, Von Wendt NT, Von Wendt L, Paunio T, Peltonen L (2008) Association of DISC1 with autism and Asperger syndrome; *Molecular Psychiatry*; 13: 187-196.
81. King A, Dahmen J, Keating P, Leach N, Nodal F, Bajo V (2011) Neural circuits underlying adaptation and learning in the perception of auditory space; *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*; 35 pp 2129-2139
82. Kleinhans NM, Richards T, Weaver K, Johnson C, Greenson J, Dawson G, Aylwar E (2010) Association between amigdala response to emotional face and social anxiety in autism spectrum disorders; *Neuropsychologia*; 48:3665-3670
83. Kleinhans NM, Richards T, Weaver K, Liang O, Dawson G, Aylward E (2009) Brief Report: Biochemical correlates of clinical impairment in High Functioning Autism and Asperger's Disorder; *J Autism Dev Disord*; 39: 1079-1086. Doi: 10.1007/s0803-009-0707-6
84. Koziol L, Budding DE (2009) *Subcortical Structures and Cognition, implications for neuropsychological Assessment*; CA USA, Edit Springer; doi: 10.1007/978-0-387-84868-6
85. Kravitz D.J., Saleem K.S., Baker C.I., Mishkin M. (2011) A new neural framework for visuospatial processing; *Nature Reviews Neuroscience*;5(55):1-12 doi: 10.3389/fncom.2011.00055
86. Kropff E, Carmichael JE, Moser MB y Moser E (2015) Speed cells in the medial entorhinal cortex; *Nature*; (523): 419-424 doi: 10.1038/nature14622
87. Lázár AS, Lázár ZL, Biró A, Györi M, Tárnok Z, Prekop C, Keszei A, Stefanik K, Gádoros J, Halász P, Bódizs R (2010) Reduced frontocortical brain connectivity during NREM sleep in Asperger syndrome: an EEG spectral and phase coherence study; *Clinical Neurophysiology*; 121: 1844-1854.

-
88. Lemonnier E, Grandgeorge M, Jacobzone-Léveque, Bessaguet C, Peudener S, Misery L (2013) Red dermographism in autism spectrum disorders: a clinical sign of cholinergic dysfunction? *Research in Autism Spectrum Disorders*; 7: 601-605
89. Lenroot RK, Yeung PK, (2013) Heterogeneity within autism spectrum disorders: what have we learned from neuroimaging studies? *Frontiers in Human Neuroscience*; 7(733): 1-16; doi: 10.3389/fnhum.2013.00733
90. Libertus K, Sheperd K, Ross S, Landa R (2014) Limited fine motor and grasping skills in six-month-old infants at high risk for autism. *Child Dev.* 85(6): 2218-2231. Doi: 10.1111/cdev.12262
91. Lind S, William D, Raber J, Peel A, Bowler D (2013) Spatial Navigation Impairments Among Intellectually High-Functioning Adults With Autism Spectrum Disorder: Exploring Relations with Theory of Mind, Episodic Memory, and Episodic Future Thinking; *Journal of Abnormal Psychology*; 122(4): 1189-1199.
92. Liu Y, Du Y, Liu W, Yan C, Liu Y, Wang H, Gong X (2013), Lack of Association between NLGN3, NLGN4, SHANK2 and SHANK3 Gene Variants and Autism Spectrum Disorder in a Chinese Population, *Plos One*, 8:2
93. Lo-Castro A, Benvenuto A, Galasso C, Porfirio C, Curatolo P (2010) Autism Spectrum disorders associated with chromosomal abnormalities; *Research in Autism Spectrum Disorders*; 4: 319-327
94. Lombardo MV, Chakrabarti B, Lai MC, MRC AIMS Consortium, Baron-Cohen S (2012) Self Referential and Social Cognition in a case of autism and agenesis of the corpus callosum; *Molecular Autism*, 3:1-14; doi: 10.1186/2040-2392-3-14

-
95. Lord C, Petkova E, Hus V, Gan W, Lu F, Martin D, Ousley O, Buy L, Bernier R, Gerdts J, Algermissen M, Whithaker A, Sutcliffe J, Warren Z, Klin A, Saulnier C, Hanson E, Hundley R, Piggot J, Fombonne E, Steiman M, Miles J, Kanne SM, Goin-Kochel RP, Peters SU, Cook EH, Guter S, Tiernagel J, Green-Snyder LA, Bishop S, Esle A, Gotham K, Luyster R, Miller F, Olson J, Richler J, Risi S (2011) A multisite study of the Clinical Diagnosis of Different Autism Spectra Disorders; *Arch Gen Psychiatry*; (7): E1-E8.
 96. Loveland, K., Bachevalier, J., Pearson, D., Lane, D. (2008). Fronto-limbic functioning in children and adolescents with and without autism. *Neuropsychologia*. 46, 49-62
 97. Luna B, Minshew NJ, Garver KE, Lazar NA, Thulborn, KR, Eddy WF, Sweeney JA (2002) Neocortical system abnormalities in autism. An fMRI study of spatial working memory; *NEUROLOGY*, 59:834-840.
 98. Luria A (1982) *El papel del lenguaje en el desarrollo de la conducta*; La habana, Cuba. Editorial Pueblo y Educación.
 99. Luria A (2005) *Las funciones corticales superiores del hombre*. México. Editorial Distribuciones Fontamara.
 100. Matute E, Rosselli M, Ardila A, Ostrosky O (2007) *Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI)*. México, Manual Moderno.
 101. Mazefsky C, Goin-Kochel RP, Riley BP, Maes HH, Autism Genetic Resource Exchange Consortium (2008) Genetic and Environmental influences on symptom domains in Twins and Siblings with Autism; *Res Autism Spectr Disord*; 2(2): 320-331. doi: 10.1016/j.rasd.2007.08.002
 102. Mbadiwe T y Millis RM (2013) Epigenetics and Autism; *Autism Res Treat*, 2013: 826156,1-9; doi:10.1155/2013/826156

-
103. McNamara IM, Borella AW, Bialowas LA, Whitaker-Azmitia PM (2008) Further studies in the developmental hyperserotonemia model (DHS) of autism: social, behavioral and peptide change; *Brain Research*, 1189: 203-214
 104. Mehta MV, Gandal MJ, Siegel SJ (2011) mGluR5-Antagonist mediated reversal of elevated stereotyped, repetitive behaviors in VPA model of autism; *PloS ONE* 6(10): e26077 doi: 10.1371/journal.pone.0026077
 105. Milner, A.D, Goodale, M.A. (2008) Two visual systems re-viewed, *Neuropsychologia*, 46(3), 774-785.
 106. Milles J (2011) Autism spectrum disorders, a genetics review; *Genetics in medicine*; 13(4): 278-294
 107. Moraleda E, Romero M, Cayetano MJ (2015) Neuropsicología de la navegación espacial; revista Médica Electrónica de Portales Médicos, en: <http://www.revista-portalesmedicos.com/revista-medica/neuropsicologia-de-la-navegacion-espacial>. 8 de enero del 2015
 108. Mosser MB [McGovern Institute for Brain Research at MIT] (2014, marzo 21) 2014 Phillip Sharp Lecture in Neural Circuits: Dr May-Britt Moser [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=3rVUR1pTND0>
 109. Munguía LR (2008) Síndrome de Asperger; *Revista del Postgrado de Psiquiatría UNAH*; 1(3): 6-9
 110. Muñoz YJA, Palau BM, Salvadó SB (2008) Autismo, epilepsia y genética; *Rev Neurol*; 46(supl 1): s71-s77.

-
111. Nardini M, Burgess N, Breckenridge K, Atkinson J (2005) Differential developmental trajectories for egocentric, environmental and intrinsic frames of reference in spatial memory; *Cognition*: 1-20; doi: 0.1016/j.cognition.2005.09.005
112. Nation K, Clarke P, Wright B, Williams C, (2006) Patterns of reading ability in children with autism spectrum disorder. *J Autism Dev Disord.* 36(7): 911-919.
113. Nayate A, Bradshaw JL, Rinehart NJ (2005) Autism and Asperger disorder: Are they movement disorders involving the cerebellum and/or basal ganglia?; *Brain Research Bulletin*; 67:327-334
114. Newmann N., Dubischar-Krivec A., Poustka F, Birbaumer N (2011) Electromagnetic Evidence of Altered Visual Processing in Autism; *Neuropsychologia*, 49:3011-3017, doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2011.06.028
115. Nishimura, M., Gu, X. & Swann, J. (2011). Seizures in early life suppress hippocampal dendrite growth while impairing spatial learning. *Neuropsychologia.* 44 (2011), 205-214.
116. Noor A, Whibley A, Marshall CR, Gianakopoulos PJ, Piton A, Carson AR, Orlic-Milacic M, Lionel A, Sato D, Pinto D, Drmic I, Noakes C, Senman L, Zhang X, Mo R, Gauthier J, Crosbie J, Pagnamenta AT, Munson J, Estes AM, Fiebig A, Franke A, Schreiber S, Stewart AFR, Roberts R, McPherson R, Guter SJ, Cook Jr EH, Dawson G, Schellenberg GD, Battaglia A, Maestrini E, Autism Genome Project Consortium, Jeng L, Hutchison T, Rajcan-Separovic E, Chudley AE, Lewis SME, Liu X, Holden J, Fernandez B, Zwaigenbaum L, Bryson SE, Roberts W, Szatmari P, Gallagher L, Stratton MR, Gecz J, Bradi AF, Schwartz CE, Schachar RJ, Monaco AP, Rouleau GA, Hui C, Raymond FL, Scherer SW, Vincent JB (2010) Disruption at the PTCHD1 locus on Xp22.11 in autism spectrum disorder and intellectual disability; *Sci Transl Med*; 2(49): 49-68. doi: 10.1126/scitranslmed.3001267

-
117. Oberman L, Eldaief M, Fecteau S, Ifert-Miller F, Tormos M, Pascual-Leone A (2012) Abnormal modulation of corticospinal excitability in adults with Asperger's syndrome; *European Journal of Neuroscience*, 36: 2782-2788; doi: 10.1111/j.1460-9568.2012.08172.x
118. Oberman LM, Hubbard EM, McCleery JP, Altschuler EL, Ramachandran VS, Pineda JA (2005) EEG evidence for mirror neuron dysfunction in autism spectrum disorders; *Cognitive Brain Research*; 24: 190-198; doi: 10.1016/j.cogbrainres.2005.01.014
119. Oberman LM, Ramachandran VS, Pineda JA (2008) Modulation of mu suppression in children with autism spectrum disorder in response to familiar or unfamiliar stimuli: the mirror neuron hypothesis; *Neuropsychologia*; 46:1558-1565; doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2008.01.010
120. Oblank A, Gibbis TT, Blatt GJ (2010) Decreased GABAB receptors in the cingulate cortex and fusiform gyrus in Autism; *Journal of neurochemistry*; 114:1414-1423; doi: 10.1111/j.1471-4159.2010.06858.x
121. Orekhova EV, Stroganova TA, Nygren G, Tsetlin MM, Posikera IN, Gillberg C, Elam M (2007) Excess of High Frequency Electroencephalogram Oscillations in Boys with Autism; *Biol Psychiatry*; 62:1022-1029; doi: 10.1016/j.biopsych.2006.12.029
122. Organización Mundial de la Salud (1967) *Clasificación Estadística Internacional de Enfermedades 10ª edición (CIE-8). 8ª revisión*. Ginebra.
123. Organización Mundial de la Salud (1992) *Clasificación Estadística Internacional de Enfermedades 10ª edición (CIE-10). 10ª revisión*. Ginebra.
124. Palau BM, Salvadó SB, Vals SA, Ortiz T, Muñoz YJA (2005) Correlaciones neuroanatómicas funcionales del área perisilviana en los trastornos del espectro autista; *Rev Neurol*; 40(supl I): s107-113

-
125. Palmieri L, Papaleo V, Porcelli V, Scarcia P, Gaita L, Sacco R, Hager J, Rosseau JH, Curatolo P, Manzi B, Militerni R, Bravaccio C, Trillo S, Schneider C, Melmed R, Elia M, Lenti C, Saccani M, Pascucci T, Puglisi-Allegra S, Reichelt KL, Persico AM (2010) Altered calcium homeostasis in autism spectrum disorders: evidence from biochemical and genetic studies of the mitochondrial aspartate/glutamate carrier AGC1; 15: 38-52; doi: 10.1038/mp.2008.63
126. Passot JB, Sheynikhovich D, Duvelle E, Arleo A (2012) Contribution of cerebellar sensorimotor adaptation to hippocampal spatial memory. PLoS ONE 7 (4): E32560. doi: 10.1371/journal.pone.0032560
127. Paz G, Salgado P, Gómez LI (2007) Utilidad de la técnica bold de resonancia magnética funcional en los tumores intracraneales de pacientes prequirúrgicos; Arch Neurocienc; 12(3): 152-161.
128. Peltier S, Stilla R, Mariola E, LaConte S, Hu X, Sathian K (2007) Activity and effective connectivity of parietal and occipital cortical regions during haptic shape perception. Neuropsychologia, 45, 476-483.
129. Piochon C, Kloth A, Grasselli G, Titley H, Nakayama H, Hashimoto K, Wan V, Simmons D, Eissa T, Nakatani J, Cherskov A, Miyazaki T, Watanabe M, Takumi T, Kano M, Wang S, Hansel C (2014) Cerebellar plasticity and motor learning deficits in a copy-number variation mouse model of autism; Nature Communications 5:5586: 1-13 doi: 10.1038/ncomm7014
130. Pizzarelli R, Cherubini E (2011) Alterations of GABAergic signaling in Autism Spectrum Disorders; Neural Plasticity; ID 297153: 1-12 doi: 10.1155/2011/297153
131. Reed, G. El desarrollo de la CIE-11: Procesos y evidencia Global en: 2013 Coordinación de Estudios de Posgrado UNAM

-
132. Rehnström K, Ylisaukko-oja T, Wendt TN, Sarenius S, Källman T, Kempas E, Von Wendt L, Peltonen L, Järvelä I (2006) Independent replication and initial fine mapping of 3p21-24 in Asperger síndrome; *J Med Genet*; 46: e6 doi: 10.1136/jmg.2005.033621
133. Rochefort C, Lefort JM, Rondi-Reig L (2013) The cerebellum: a new key structure in the navigation system; *Neural Circuits*; (7) 35: 1-12, doi: 10.3389/fncir.2013.00035
134. Rodríguez GP, Rodríguez PL, Rodríguez GD (2004) Técnicas clínicas para el examen físico neurológico. Organización general, nervios craneales y nervios raquídeos periféricos; *Rev Neurol*; 39 (8) pp 757-766
135. Rodríguez LPM, Florez RC (2000) Alteraciones oculomotoras en el síndrome de Balint: terapia ocupacional asistida por ordenador; *Revista Motricidad*; 6 pp 29-45
136. Rodríguez-Ferreiro J. (2012). Semántica. En Cuetos-Vega F (ed)., *Neurociencia del lenguaje. Bases neurológicas e implicaciones clínicas*(93-110). Madrid, España: Médica Panamericana.
137. Rodríguez-Ferreiro J. (2012). Semántica. En Cuetos-Vega F (ed)., *Neurociencia del lenguaje. Bases neurológicas e implicaciones clínicas*(93-110). Madrid, España: Médica Panamericana.
138. Rogers TD, McKimm E, Dickson P, Goldowitz D, Blaha CD, Mittleman G (2013) Is autism a disease of the cerebellum: integration of clinical and preclinical research; *Frontiers in Systems Neuroscience*; 7 (15): 1-16.
139. Rojas DC, Peterson E, Winterrowd E, Reite M, Rogers S, Tregellas J (2006) Regional gray matter volumetric changes in autism associated with social and repetitive behavior symptoms; *BMC Psychiatry*; 6:56 doi: 10.1186/1471-244X-6-56
140. Rojas DC, Singer D, Steinmetz S, Hepburn S, Brown M (2014) Decreased left perisylvian GABA concentration in children with autism and unaffected siblings; *Neuroimage*; 86, pp 28-34

-
141. Ruggieri V, Arberas C (2007) Trastornos Generalizados del Desarrollo, aspectos clínicos y genéticos; *Medicina*; 67(1): 569-585.
142. Sabat J, Lakshmi B, Malhotra D, Troge J, Lese-Martin C, Walsh T, Yamrom B, Yoon S, Krasnitz A, Kendall J, Leotta A, Pai D, Zhang R, Lee YH, Hicks J, Spence SJ, Lee AT, Puura K, Lehtimäki T, Ledbetter D, Gregersen PK, Bregman J, Sutcliffe JS, Jobanputra V, Chung W, Warburton D, King MC, Skuse D, Geschwind DH, Gilliam G, Ye K, Wigler M (2007) Strong association of de novo copy number mutations with autism; *Science*; 316(5823): 445-449.doi: 10.1126/science.1138659
143. Sachdev P, Andrews G, Hobbs MJ, Sunderland M y Anderson TM (2009) Neurocognitive disorders: Cluster 1 of the proposed meta-structure for DSM-V and ICD-11; *Psychological Medicine Cambridge University Press*, 39, pp 2001-2012 doi: 10.1017/S0033291709990262
144. Sarachana T, Hu V (2013) Genome-wide identification of transcriptional targets of RORA reveals direct regulation of multiple genes associated with autism spectrum disorder; *Molecular Autism*; 4(14):1-19.
145. Savelli F, Knierim JJ. (2010) Hebbian analysis of the transformation of medial entorhinal grid-cell inputs to hippocampal place fields. *J. Neurophysiol.* Doi: 10.1152/jn.01141.2009
146. Schnetz-Boutaud, NC, Anderson BM, Brown KD, Wright HH, Abramson RK, Cuccaro ML, Gilbert JR, Pericak-Vance MA, Haines JL (2009) Examination of tetrahydrobiopterin pathway genes in autism. *Genes, Brain and Behavior*; 8: 753–757. doi: 10.1111/j.1601-183X.2009.00521.x
147. Schroeder J, Desrocher M, Bebko JM, Cappadocia C (2010) The neurobiology of autism: theoretical applications; *Research in Autism Spectrum Disorders*; 4: 555-564

-
148. Schultz RT, Gauthier I, Klin A, Fulbright RK, Anderson AW, Volkmar F, Skudlarsky P, Lacadie C, Cohen DJ, Gore JC (2000) Abnormal ventral temporal cortical activity during face discrimination among individuals with autism and asperger syndrom. *Arch Gen Psychiatry*; 57(4):331-340
149. Secretaria de salud (2012) *Diagnóstico y Tratamiento de los Trastornos del Espectro Autista*. México.
150. Shih P, Shen M, Öttl B, Keehn B, Gaffrey MS, Müller RA (2010) Atypical network connectivity for imitation in autism spectrum disorder; *Neuropsychologia*; 48: 2931-2939; doi:10.1016/j.neuropsychologia.2010.05.035
151. Stoit A, Van Schie H, Slaats-Willemse D, Buitelaar J (2013) Grasping Motor Impairments in Autism: Not action planning but movement execution is deficient. *J Autism Dev Disord*. 43:2793-2806 doi:10.1007/s10803-013-1825-8
152. Sukla DK, Keehn B, Smylie DM, Müller RA (2011) Microstructural abnormalities of short-distance white matter tracts in autistic spectrum disorder; *Neuropsychologia*; 49: 1378-1382; doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2011.02.022
153. Sukumar D, Rengaswamy M, Chakravarthy VS (2012) Modeling the Contributions of Basal Ganglia for Hippocampus to Spatial Navigation using reinforcement Learning; *Plos ONE* 7(10): e47467. doi: 10.1371/journalpone.0047467
154. Tellechea, R (2013) *Trastorno del Espectro Autista y Trastorno Específico del Lenguaje ¿Dos entidades diferentes o un continuo de manifestaciones neuropsicológicas?* *Medicina Buenos Aires*, 73 (suplemento I): 10-15
155. Tirapu UJ, Luna LP, Hernández GP, Garcia SI (2011) Relación entre la sustancia blanca y las funciones cognitivas; *Rev Neurol*; 52: 725-742

-
156. Tirapú-Ustárroz J, Luna-Lario P (2012) Neuropsicología de las Funciones Ejecutivas En: Tirapú U.J., Molina A., Ríos-Lago M. Y Ardila A. Neuropsicología de la corteza Prefrontal y las Funciones Ejecutivas; Viguera: Barcelona.
157. Tirapú-Ustárroz J, Pérez-Sayes G, Erekatxo-Bilbao M, Pelegrín-Valero C (2007) ¿Qué es la teoría de la mente? *Rev Neurol*; 44(8):479-489.
158. Tirapú-Ustárroz J, Pérez-Sayes G, Erekatxo-Bilbao M, Pelegrín-Valero C (2007) ¿Qué es la teoría de la mente? *Rev Neurol*; 44(8):479-489.
159. Tommerdahl M, Tannan V, Holden JK, Baranek T (2008) Absence of stimulus-driven synchronization effects on sensory perception in autism: evidence for local underconnectivity?; *Behavioral and Brain Functions*; 4:19; doi: 10.1186/17449081-4-19
160. Turner KC, Frost L, Linsenhardt D, McIlroy JR, Müller RA (2006) Atypically diffuse functional connectivity between caudate nuclei and cerebral cortex in autism; *Behavioral and Brain Functions*, 2(34); doi: 10.1186/1744-9081-2-34
161. Van der Hallen, R, Evers, K, Brewaeys K, Van den Noortgate, W, Wagemans J (2015) Global processing takes time: A meta-analysis on local-global visual processing in ASD. *Psychological Bulletin*, 141(3): 549-573
162. Vanderbroucke MW, Steven-Scholte H, Van England H, Lamme VA, Kemner C; A neural substrate for atypical low-level visual processing in autism spectrum disorder; 131:1013-1024; doi: 10.1093/brain/awm321
163. Vissers ME, Cohen MX, Geurts HM (2012) Brain connectivity and high functioning autism: A promising path of research that needs refined models, methodological converge and stronger behavioral links ; *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*;(36) 1; pp 604-625.

-
164. Volkmar F, Woodbury-Smith (2009) Asperger Syndrome; *Eur Child Adolesc Psychiatry*; 18: 2-11
165. Volkmar FR, Reichow B (2013) Autism in DSM-5: progress and challenges; *Molecular Autism*; 4: 13; doi: 10.1186/2040-2392-4-13
166. Vulto-van S AT, De Brower APM, De Leeuw N, Obihara CC, Brunner HG, Vries BBA (2012) A 380 duplication in 7p22.3 encompassing the LFNG Gene in a boy with Asperger Syndrome; *Mol Syndromol*; 2: 245-250; doi: 10.1159/000336191
167. Vygotsky LS (1977) *Pensamiento y Lenguaje*. Buenos Aires, Argentina. La pléyade
168. Wang K, Zhang H, Ma D, Bucan M, Glessner JT, Abrahams BS, Salyakina D, Imielinski M, Bradfield JP, Sleiman PMA, Kim CE, Hou M, Frackelton E, Chiavacci R, Takahashi N, Sakurai T, Rappaport E, Lajonchere CM, Munson J, Estes A, Korvatska O, Piven J, Sonnenblick LI, Alvarez AIR, Herman EI, Dong H, Hutman T, Sigman M, Ozonoff S, Klin A, Owley T, Sweeney JA, Brune CW, Cantor RM, Bernier R, Gilbert JR, Cuccaro ML, McMahon WM, Miller J, State MW, Wassink TH, Coon H, Levy SE, Schultz RT, Nurnberg Jr JI, Buxbaum JD, Dawson G, Grant SFA, Geschwind DH, Pericak-Vance MA, Schellenberg GD, Hakonarson H (2009) Common genetic variants on 5p14.1 associate with autism spectrum disorders; *Nature*; 459(7246): 528-533. doi:10.1038/nature07999
169. Wechsler D. (2007) *Manual WISC-IV Español*, México: Manual Moderno.
170. Wilber A, Clarck B, Foster T, Tatsuno M, McNaughton B (2014) Interaction of Egocentric and World-Centered reference frames in the rat posterior parietal cortex; *The Journal of Neuroscience*; 34(16): 5431-5446.
171. Witter M, Moser E (2006) Spatial representation and the architecture of the entorhinal cortex; *TRENDS in Neurosciences*; (19)12:671-678 doi: doi:10.1016/j.tins.2006.10.003

-
172. Woodbury-Smith MR y Volkmar FR (2009) Asperger síndrome; Eur Child Adolesc Psychiatry; 18 pp 2-11
173. World Health Organization. (1978). The International classification of diseases, 9th revision, clinical modification: ICD 9. Ann Arbor, Mich: Commission on Professional and Hospital Activities.
174. Ylisaukko-oja T, Wendt TN, Kempas E, Sarenius S, Varilio T, Von Wendt L, Peltonen L, Järvelä (2004) Genome wide scan for loci of Asperger síndrome Molecular Psychiatry; 9:161-168
175. Yu K, Cheung Ch, Chua S, Mc Alonan G, (2011) Can Asperger Syndrome be distinguished from autism? An anatomic likelihood meta-analysis of MRI studies; J Psychiatry Neuroci; 36(6) 412-421
176. Zilbovicius M, Meresse I, Boddaert N (2006) Autismo:neuroimaging; Rev Bras Psiquiatr; 28(supl I): s21-s28
177. Zurita B.C., Cruz P.F. (2015) La representación espacial desde el análisis por tareas neuropsicológicamente orientado. En Martínez L Y, Salvador M J, Delgado R A, Cruz PF.(Eds) Neurodesarrollo Infantil: Diversas Aproximaciones Teóricas y Aplicativas (185-212). Universidad Juárez del Estado de Durango, Instituto de Investigación Científica, Durango México. Pp 185-212.
178. Zurita C, Cruz F, Cárdenas J, Orozco G, Velez A (2013) Cognición Espacial: posiciones egocéntrica y allocéntrica en un grupo con síndrome de Asperger.
179. Zurita C, Cruz F, Carrasco G (en trámite) Navegación Valorada Neuropsicológicamente a Pequeña Escala (NavVal-PE)

11. Anexos

Anexo A: Abreviaciones de los dominios y subescalas analizados de la Evaluación

Neuropsicológica Infantil:

Habilidades Construccionales (H_C)

 Construcción con Palillos (D_CCP)

Habilidades gráficas (D_HG)

 Dibujo de la Figura Humana (FH)

 Copia de figuras (CF)

 Copia de la Figura Compleja (CFC)

Habilidades Perceptuales (H_P)

Percepción táctil (D_PT)

 Percepción táctil mano Derecha (TD)

 Percepción táctil mano Izquierda (TI)

Percepción visual (D_PVis)

 Imágenes sobrepuestas (VIS)

 Imágenes Borrosas (VIB)

 Cierre Visual (VCV)

 Reconocimiento de expresiones (VRE)

 Integración de Objetos (VIO)

Percepción auditiva (D_PA)

 Notas Musicales (ANM)

 Sonidos Ambientales (ASA)

Fonémica (AF)

Memoria Codificación (H_MC)

Memoria verbal-auditiva (D_MVA)

Lista de palabras (LP)

Recuerdo de una Historia (RH)

Memoria visual (D_MVis)

Lista de Figuras (LF)

Memoria Evocación (H_ME)

Evocación de Estímulos Auditivos (D_MEEA)

Recobro Espontáneo de la Lista de Palabras RELP

Recobro por Claves (RLPC)

Reconocimiento Verbal Auditivo (RVA)

Recuperación de una Historia (ERH)

Evocación de Estímulos Visuales (D_EEVis)

Recobro de la figura compleja (RFC)

Recobro Espontáneo de la lista de figuras (RLFC)

Reconocimiento Visual (Rvis)

Habilidades Espaciales (D_HabEsp)

Comprensión derecha-izquierda (CMDI)

Expresión derecha-izquierda (EXDI)

Dibujos desde ángulos diferentes (DAD)

Orientación de líneas (OL)

Ubicación de coordenadas (UC)

Funciones Ejecutivas (H_FE)

Fluidez verbal (D_FE_FF)

Fluidez Semantica Frutas (FSF)

Fluidez Semántica Animales (FSA)

Fluidez Fonémica (FF)

Fluidez gráfica (D_FE_FC)

Fluidez gráfica semántica (FGS)

Fluidez gráfica No semántica (FGNS)

Flexibilidad cognoscitiva (D_FE_FC)

Número de ensayos administrados (FCEA)

Total de respuestas correctas (FCRC)

Porcentaje de respuestas correctas (FCPRC)

Total de errores (FCTE)

Porcentaje de errores (FCPTE)

Número de categorías (FCNC)

Capacidad para mantener la organización (FCCMO)

Número de resp perseverativas (FCNRP)

Porcentaje resp perseverativas (FCPRP)

Planeación y Organización (D_FE_PO)

Diseños correctos (PODC)

Núm movimientos realizados (PONMR)

Diseños corr con min movimientos (PODCMM)

Anexo B: Abreviaciones utilizadas para los índices compuestos que conforman la escala

Wechsler.

Índice de Comprensión verbal (ICV)

Índice de Razonamiento Perceptual (IRP)

Índice de Velocidad de Procesamiento (IVP)

Índice de Memoria de Trabajo (IMT)

Coficiente Intelectual Total (CIT)

Anexo C: Categorías registradas Mediante la NavVal-PE.

Percepción

Idiotéticas:

Taxonómica (id1)

Práxico Vestibular pasivo(id2)

Praxico Vestibular activo (id3)

Alotéticas:

Visual (A1)

Auditiva (A2)

Táctil (A3)

Olfativa (A4)

Medios – Herramientas:

Agarre (A)

Gesto Transitivo (GT)

Gesto Transitivo Otro (Gesto otro)

Lectoescritura (L)

Regulación Verbal Externa (RVE)

Regulación Verbal Simultánea (RVS)

Regulación Verbal Anticipada (RVA)

Ritmo Distancia (RitD)

Marca (M)

Funciones – Procesos:

Flexibilidad (FL)

Planeación de Rutas (PL_dRuta)

Planeación Secuencial (PL_dSec)

Memoria Episódica (ME)

Memoria Episódica asociada a un objeto (ME-obj)

Memoria pares de palabras (Mpp)

Memoria Procedimental (MPr)

Aritmética (Ar)

Atención Alternante (AA)

Conteo (Cont)

Contigüidad (Cgüi)

Juego Imaginario (Jimag)

Memoria Espacial Egocéntrica (MEE)

Motor (Mot)

Ponderación (P)

Ritmo-Distancia (R-D)

Verificación (Ver)

Orientación:

Egocéntrica

Alocéntrica

Ambas

Errores:

Atención Selectiva (AS)

Conteo (C)

Dead Reckoning (DR)

Desorientación Dinámica (DD)

Desorientación Estática (DE)

Distracción por Estereotipias (Des)

Distracción (Dtr)

Extrapolación Distancia (ED)

Fatiga (F)

Focalización (Foc)

Habitación (H)

Memoria Navegación (MN)

Meta (M)

Reglas (R)

Reversión (Rv)



Anexo D: Glosario

Alocéntrico. Relación entre dos objetos independientemente de la posición del observador.

En navegación incluye la relación entre dos claves alotéticas.

Clave Alotética. Puntos de referencia en el ambiente, cuya modalidad puede ser visual, auditiva, olfativa, y táctil.

Clave Idiotética. Información propioceptiva para orientar la navegación. Entre esta información se encuentra el movimiento ocular, de la cabeza, y giros corporales.

Clave Práctica Vestibular Activa. Información respecto a la ubicación corporal en el espacio, brindada por el movimiento del cuello-cabeza en un sentido distinto al giro corporal.

Clave Práctica Vestibular Pasiva. Información respecto a la ubicación corporal en el espacio, brindada por el movimiento del cuello-cabeza en el mismo sentido en que se realiza un giro corporal.

Clave Práctica. Información de la ubicación corporal en el espacio, brindada por los giros corporales dados en relación a un punto de referencia en el ambiente.

Clave Taxonómica. Información respecto a la ubicación del cuerpo en el espacio, brindada por la dirección del movimiento ocular en relación a un punto de referencia ambiental.

Constructor de estados. Modelo de navegación en el cual el participante planea la ruta apoyándose en un mapa mental, analizando distintas rutas antes de elegir la que considera más eficiente para llegar a una ubicación

Dead Reckoning. Tipo de error presente en la navegación por estrategia de respuesta, bajo el cual los errores de precisión dados por la estimación de distancias, angulación de giros o movimientos, se acumulan. Tal acumulación de errores, conlleva a la desorientación dentro del mapa ambiental.

Dependiente de reforzamiento. Modelo de navegación encaminado a llegar a la ubicación donde se obtiene un reforzador.

Egocéntrico. Relación entre el observador y un punto de referencia ambiental. Puede incluir así, relación entre claves idiotéticas y alotéticas.

Finalidad: Meta perseguida, la cual en navegación es guiada por una recompensa.

Funciones y procesos. Acciones y operaciones puestos en marcha para completar una tarea, en este caso de navegación. Las mismas pueden ser acciones desplegadas como el desplazamiento motor, o bien mentales, tales como la planeación o apoyo en procesos mnésicos.

Libre de reforzamiento. Modelo de navegación sobreaprendido, cuya ruta es seguida de manera automática, sin necesidad de la entrega de un reforzador.

Medio-Herramienta. Función o proceso que facilita la ejecución de una acción. P.e. el agarre. A partir de tomar (agarre) un objeto, se puede establecer la distancia entre el observador y dicho objeto. O bien codificar la ubicación espacial de la persona, con respecto al ambiente, utilizando el objeto sostenido como punto de referencia.

Navegación por estrategia de respuesta. Navegación en la cual el participante recuerda giros y desplazamientos que debe realizar para llegar a una meta. Frecuentemente utilizado cuando no se cuenta con puntos de referencia que orienten la navegación p.e. cuando se camina en un espacio completamente oscuro y sin puntos de referencia que se puedan tocar, escuchar u oler.

Orientador. Relaciones entre claves alotéticas y/o idiotéticas que orientan la navegación.

Relaciones Euclidianas. Relaciones entre objetos entre los cuales se puede establecer orden, medir, segmentar, comparar, o introducir a un sistema de coordenadas con unidades de medición.

Relaciones proyectivas. Relaciones espaciales entre elementos que toman en cuenta la perspectiva del observador. Desde tal punto de vista, se realizan estimaciones de profundidad, magnitud de distancia, velocidad, tamaño.

Relaciones topológicas. Relaciones entre elementos, que pueden incluir clasificación, seriación o conteo.